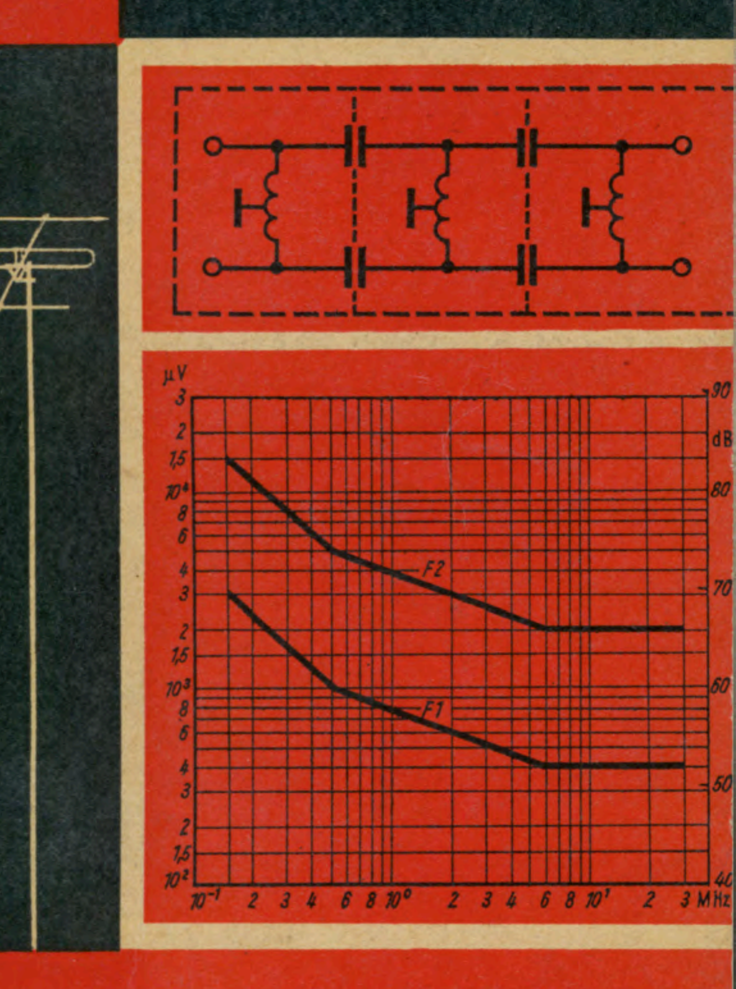
65

DER PRAKTISCHE FUNKAMATEUR



Theo Reck

Funk-Entstörung im Amateurfunk

Der praktische Funkamateur · Band 65

Funk-Entstörung im Amateurfunk

THEO RECK

Funk-Entstörung im Amateurfunk



DEUTSCHER MILITÄRVERLAG

Redaktionsschluß: 15. Mai 1966

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

Obwohl die Funk-Entstörungstechnik ein außerordentlich vielfältiges Gebiet darstellt, ist das Angebot an entsprechender Fachliteratur mangelhaft. Die wenigen vorhandenen Schriften beschränken sich im wesentlichen auf Richtlinien, Vorschriften und Meßanleitungen für die im Funk-Entstörungsdienst Beschäftigten, während in den wenigen praktischen Anleitungen für die Entstörung hauptsächlich die Störungsbeseitigung bei elektrischen Maschinen behandelt wird. Man kann daher mit Recht von einem „echten Bedürfnis" sprechen, wenn es um die Frage nach funktechnischer Literatur geht, die die Funk-Entstörung zum Inhalt hat.

Im Rahmen dieser Broschüre kann keinesfalls die Vielfalt dieser Technik behandelt werden. Deshalb wird die Funk-Entstörung nur aus der Sicht des Funkamateurs beschrieben. Gerade im Amateurfunkdienst ergeben sich spezifische Erfahrungswerte, und besonders diese bilden die Grundlage für die nachstehenden Ausführungen.

Ein wichtiger Hinweis soll aber am Anfang gegeben werden: Für die Funk-Entstörung gibt es keine Kochbücher, am allerwenigsten bei den Verhältnissen des Amateurfunks. Eine Maßnahme, die hier einen durchschlagenden Erfolg bringt, kann dort ohne Wirkung bleiben. Grund dafür sind die unterschiedlichen und oft unzulänglichen Verhältnisse bei den Amateurstationen. Unter unzulänglichen Verhältnissen sind nicht die eventuelle mangelhafte Qualität der Anlage, sondern die begrenzten Möglichkeiten, insbesondere der Antennen- und Erdanlage, zu verstehen.

Das Wissen um die Funk-Entstörung setzt sich aus den Kenntnissen der gesetzlichen Bestimmungen und den festgelegten Begriffen zusammen. Daß gerade zu letzterem unzählige Ergänzungen möglich sind, liegt auf der Hand. Für Erfahrungen anderer, die einer späteren besseren Auflage zugute kommen können, dankt der Verfasser im voraus.

2. Gesetzliche Bestimmungen

Im Interesse der Sicherung eines ordnungsgemäßen Nachrichtenverkehrs wird die sachliche Regelung des Funkrechts durch leitende Grundsätze bestimmt. Damit sollen die Ordnung im „Äther" gewährleistet und eine negative Beeinflussung des Nachrichtenaustausches verhindert werden.
Die Festlegung derartiger Grundsätze unterliegt dem Ermessen des jeweiligen Staates. International erfolgt sie durch zwischenstaatliche Vereinbarungen. Zu den bekanntesten dieser Vereinbarungen gehört der Internationale Fernmeldevertrag mit seinen Vollzugsordnungen sowie die auf den internationalen Konferenzen (z. B. Stockholm, Genf) ratifizierten Empfehlungen. Zu den in Betracht kommenden Grundsätzen zählt das Alleinrecht der Deutschen Post zur Nachrichtenübermittlung. Sie ist ermächtigt, anderen die Ausübung dieses Rechtes zu gestatten. Als Rechtsform gilt nach dem Gesetz die Genehmigung, die Vereinbarung und die Anmeldung.
Zur Genehmigungspflicht zählen u. a. auch Amateurfunk, Modellfunk und, bezogen auf die Funk-Entstörung, das Herstellen von Hochfrequenzanlagen.
Die Anmeldepflicht erstreckt sich insbesondere auf den Hör- und Fernsehrundfunk sowie, bezogen auf die Funk-Entstörung, das Errichten und Betreiben von Hochfrequenzanlagen.
Ein weiterer wichtiger Grundsatz besagt, daß bei der Ausübung des Funkverkehrs gegenseitige Beeinflussung zu vermeiden bzw. auf ein Mindestmaß zu beschränken ist. In den Funkordnungen wurde dieser Grundsatz umfassend geregelt. So sind u. a. die Frequenzbereiche festgelegt, die in Übereinstimmung mit internationalen Festlegungen für die einzelnen Funkdienste und Verkehrsarten benutzt werden dürfen. Des weiteren ist ohne Rücksicht auf ihren Verwendungszweck das Herstellen von Funkanlagen und das Ausüben der in den Funkordnungen geregelten Funkdienste im Interesse des Vermeidens von gegenseitigen Störungen anderer Fernmelde-

dienste an bestimmte Bedingungen geknüpft. Alle Teilnehmer am Funkverkehr und alle Nutzer von Hochfrequenzanlagen sind verpflichtet, diese Vorschriften zu beachten.

2.1. Das Gesetz über das Post- und Fernmeldewesen vom 3. April 1959

Aufbauend auf den internationalen Beschlüssen und Empfehlungen, wurde am 3. 4. 1959 das *Gesetz über das Post- und Fernmeldewesen* beschlossen. Das Hauptanliegen dieses Gesetzes kommt in seiner Präambel zum Ausdruck, in der es u. a. heißt: *Das Ministerium für Post- und Fernmeldewesen hat eine hochwertige und störungsfreie Arbeit im Post- und Fernmeldewesen zu gewährleisten und das Errichten und Betreiben sowie die weitere Entwicklung von Nachrichtenmitteln nach einheitlichen Richtlinien zu sichern.*
Auf Grund dieses Gesetzes wurden eine Reihe von Anordnungen erlassen, von denen in diesem Rahmen die
Anordnung über den Amateurfunkdienst — Amateurfunkordnung — vom 22. 5. 1965,
die Anordnung über das Errichten und Betreiben von Rundfunkempfangsanlagen — Rundfunkordnung — vom 3. 4. 1959
und die *TGL 20 885* (verbindlich ab 1. 4. 1966)
besondere Bedeutung haben.
Ohne die Ausführungen an anderer Stelle vorwegzunehmen, sollen hier einige für den Funkamateur wichtige Punkte zitiert werden. Aus dem § 25 des PFG ist der Abs. 3 insofern von Bedeutung, als er eine grundsätzliche juristische Frage behandelt. Es heißt darin:
Die Rechtsträger oder Besitzer entstörungspflichtiger Anlagen sind verpflichtet, auf ihre Kosten Entstörungsmaßnahmen an ihren Anlagen zu treffen und die erforderlichen Störschutzeinrichtungen anzubringen und instand zu halten.
Dies gilt in jedem Fall als grundsätzliche Regelung. Sie läßt sich sinngemäß mit der Feststellung erweitern:
Die Mindestforderungen für die Störschutzmaßnahmen an Funk- und Fernmeldeanlagen sind grundsätzlich durch den

Rechtsträger oder Besitzer, d. h. auf dessen Kosten zu erfüllen. Diese Auslegung erscheint notwendig, da nur bei dem Begriff *Mindestforderungen* eine klare Entscheidung über die eventuelle Kostenfrage möglich ist. Alle über dieses Maß hinausgehenden „Streitfragen" können nur von Fall zu Fall geklärt werden. Der § 26 stellt eine eindeutige Aussage dar. Er gibt der Deutschen Post als Rechtsträger das Recht, Anlagen, bei denen die Störungsursachen nicht oder nur unzureichend beseitigt werden, stillzulegen.
An anderer Stelle werden entsprechende Sperrzeiten für den Betrieb derartiger Anlagen verfügt.
Ein für den Amateur besonders wichtiger Paragraph ist der § 29, der im Wortlaut zitiert wird:
Eigentümer oder sonst Berechtigte an Grundstücken und Gebäuden sind verpflichtet, das Einrichten von Anschlüssen an das Fernmeldenetz der Deutschen Post sowie das Anbringen an Antennenanlagen nach den bautechnischen Bestimmungen zu dulden.
Auf die Aussage dieses Paragraphen wird deshalb vom Verfasser Wert gelegt, da er dem Funkamateur die Möglichkeit gibt, eine „ordentliche" Antenne zu bauen, d. h. eine Antenne, die den technischen Anforderungen genügt, ohne mit Behelfsantennen mit unzureichender Anpassung TVI und BCI zu erzeugen.

2.2. Die Anordnung über das Errichten und Betreiben von Rundfunkempfangsanlagen

Wie aus § 1 Abs. 2 hervorgeht, umfaßt der Begriff *Rundfunk* sowohl den *Hörrundfunk* als auch den *Fernsehrundfunk*.
Im Abschnitt III der Anordnung werden die *technischen* und *betrieblichen* Bedingungen für Rundfunkempfangsanlagen erläutert, die in Störungsfällen beachtet werden müssen.

§ 4 der Rundfunkordnung

(1) *Rundfunkempfangsanlagen müssen den einschlägigen Arbeitsschutzanordnungen, VDE-Bestimmungen und den Bestimmun-*

*gen des Ministeriums für Post- und Fernmeldewesen entsprechen sowie nach den bautechnischen Bestimmungen, z. B. Deutsche Bauordnung, errichtet werden.**

(2) *Durch das Betreiben von Rundfunkempfangsanlagen dürfen der Rundfunk und der Betrieb anderer Fernmeldeanlagen nicht gestört werden.***

(3) *Errichten und Instandhalten einschließlich Versicherung von Rundfunkempfangsanlagen sind Angelegenheit der Rundfunkteilnehmer.*

§ 5 Abs. 1

Rundfunkempfangsanlagen, die den Bestimmungen des § 4 nicht entsprechen, hat der Rundfunkteilnehmer auf seine Kosten zu ändern.

Durch diese Aussage der Rundfunkordnung sind die juristischen Fragen bei der Untersuchung von Störungen gegeben.

2.3. Die Anordnung über den Amateurfunkdienst — Amateurfunkordnung — vom 22. Mai 1965

Der Abschnitt IV der AFO ist der Qualität der Amateurfunkanlage und damit der Funk-Entstörung gewidmet: *Technische Bedingungen der Amateurfunkstellen (Sende- und Empfangsanlage) §§ 18 bis 21.*

Schon im § 18 wird mit einem zwar sehr allgemein gehaltenen Satz auf etwas Wesentliches hingewiesen: *Amateurfunkstellen müssen ... nach den gesetzlichen Bestimmungen errichtet und erhalten werden.*

Dieser Satz enthält eine Reihe von Pflichten, an die sich der Amateur halten muß. Von der Konstruktion seiner Anlage bis

* Dazu zählen alle Bestimmungen und Standards, die die genannten Bestimmungen ablösen oder ergänzen.

** *Fernmeldeanlagen sind technische Einrichtungen zur Nachrichtenübermittlung, bei denen physikalische Vorgänge durch Sender erzeugt, durch Übertragungswege übertragen und durch Empfänger für die unmittelbare Aufnahme oder Weitergabe nachgebildet werden (§ 8 Abs. 2 des Gesetzes über das Post- und Fernmeldewesen).* Dazu zählen also auch Amateurfunkanlagen.

zu ihrer Wartung sind alle diesbezüglichen Bestimmungen zu beachten. Unter den Gesichtspunkten der Funk-Entstörung gilt das für die Frage der *unerwünschten Aussendungen* sowie der Antennen- und Erdungsanlage. Zur ersten Frage Unerwünschte Aussendungen nimmt der § 20 der AFO besonders Stellung. Er schreibt die Grenzwerte der Leistung vor, die der Antenne unter Bezugnahme auf die mittlere Leistung des Senders zugeführt werden dürfen (Tafel 1).

Auf die Fragen der Antennen, des Verbindungs- und Herleitungsnetzes weist der § 21 hin, wobei auch hier besonders die ständige Wartung eine Rolle spielen sollte.

Auf einen Paragraphen der AFO soll noch besonders hingewiesen werden. Es ist das der § 7 Abs. 3, in dem es u. a. heißt: *Vor der Stationsabnahme ist ein Probebetrieb innerhalb von 14 aufeinanderfolgenden Tagen mit Zustimmung der für den Wohnort des Funkamateurs zuständigen Bezirksdirektion der Deutschen Post zulässig.*

Diese 14 Tage sollten gut genutzt werden. Es ist z. B. unwesentlich festzustellen, daß man auf Anhieb DX durchführen kann. Die einzigen Aufgaben sind die Funktionsprüfung der Anlage sowie der BCI- und TVI-Test. Leider wird das oft vergessen, und erst nach längerer Zeit stellt man bei einem Abend-QSO fest, daß man TVI auf die Bildschirme der erbosten Nachbarn produziert. Es gilt also, rechtzeitig Vorkehrungen zu treffen.

Tafel 1

Zulässige Grenzwerte der unerwünschten Aussendungen

Mittlere Leistungen auf der Nutzfrequenz (P_m)*	Mittlere Leistung der unerwünschten Aussendungen außerhalb der Frequenzbereiche, die dem Amateurfunkdienst zur Verfügung stehen	
	Im Frequenzbereich 0,15 bis 30 MHz	Im Frequenzbereich 30 bis 790 MHz auf ganzzahligen Vielfachen der Nutzfrequenz
P_m 0,01 W	$1 \cdot 10^{-6}$ W	$1 \cdot 10^{-6}$ W
0,01 W P_m 0,1 W	$1 \cdot 10^{-4}$ P_m	$1 \cdot 10^{-4}$ P_m
0,1 W P_m 0,25 W	$1 \cdot 10^{-4}$ P_m	$1 \cdot 10^{-4}$ P_m
0,25 W P_m 5 W	$1 \cdot 10^{-4}$ P_m	$25 \cdot 10^{-6}$ W
5 W P_m 25 W	$1 \cdot 10^{-4}$ P_m	$25 \cdot 10^{-6}$ W
25 W P_m 500 W	$1 \cdot 10^{-4}$ P_m	$1 \cdot 10^{-6}$ P_m
500 W P_m 1000 W	$50 \cdot 10^{-3}$ W	$1 \cdot 10^{-6}$ P_m

* P_m = mittlere Leistung eines Funksenders ist die Leistung, die bei normalen Betriebsbedingungen durch einen Sender der Antennenspeiseleitung zugeführt wird, gemittelt über eine im Verhältnis zur Periode der tiefsten Modulationsfrequenz genügend lange Zeit. Normalerweise wird hierfür eine Zeitdauer von 1/10 Sekunde, während der die mittlere Leistung einen Höchstwert hat, gewählt.

3. Die gesetzlichen Bestimmungen über die Funk-Entstörung

3.1. Die TGL 20 885 — Funk-Entstörung — (verbindlich ab 1. 4. 1966)

Zum Schutze des Nachrichtenverkehrs gegen Beeinträchtigungen durch hochfrequente elektromagnetische Schwingungen wurde die *TGL 20 885 — Funk-Entstörung* — herausgegeben. Sie enthält neben den Begriffsbestimmungen Angaben zu den Pflichten der Hersteller und der Nutzer von Erzeugnissen, die Funkstörungen hervorrufen können. Ferner werden Verfahren zur Ermittlung von Störquellen und zu Funk-Entstörungsmaßnahmen beschrieben. Im einzelnen wird folgendes ausgeführt:

3.1.1. Begriffserklärung und Erläuterung

Im § 4 der bisherigen FEO wie auch in der TGL wird der Begriff *Funk-Entstörung* als Beseitigung einer Funkstörung gedeutet. Das ist jedoch eine theoretische Auslegung, da eine restlose Beseitigung einer Funkstörung nur mit einem sehr hohen technischen und damit unökonomischen Aufwand erreicht werden kann. Eine derartig weitgehende Entstörung wird aber in den seltensten Fällen erforderlich sein. Man treibt den technischen Aufwand unter Beachtung der Erfahrungen aus der Praxis bei Entstörmaßnahmen nur so weit, daß z. B. beim Hörfunkempfang akustisch, beim Fernsehempfang optisch die Störung nicht erkennbar ist. Die Erkennbarkeit einer Funkstörung hängt also nicht allein von der absoluten Höhe der Störspannung ab.
Die sich aus den praktischen Erfahrungen ergebenden Werte des Verhältnisses der Nutzspannung zur Störspannung zeigt Tafel 2 (§ 8 der FEO).

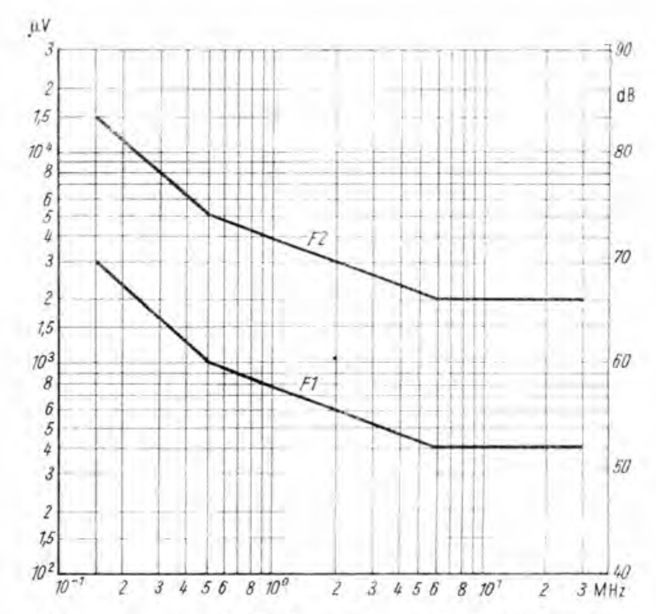


Bild 1. Grenzwerte der Funkstörspannung für Funkstörgrade (die Angaben in dB sind bezogen auf 0 dB entsprechend 1 µV an 150 Ω)

Tafel 2

Eine Funk-Entstörung bzw. die Grenze, bei der eine Beeinträchtigung erkennbar ist, gilt als erreicht, wenn an der Betriebsantenne der gestörten Empfangsanlage die Störspannung den Wert 5 µV nicht überschreitet oder sich wie folgt verhält:

a) Hörrundfunk und Sprechfunkdienste mit Amplitudenmodulation

$$\frac{\text{Nutzspannung}}{\text{Störspannung}} = \frac{100}{1} = 40\ \text{dB}$$

b) Hörrundfunk und Sprechfunkdienste mit Frequenzmodulation

$$\frac{\text{Nutzspannung}}{\text{Störspannung}} = \frac{10}{1} = 20\ \text{dB}$$

c) Telegrafiefunkdienste (einschließlich Bildfunk)

$$\frac{\text{Nutzspannung}}{\text{Störspannung}} = \frac{50}{1} = 34 \text{ dB}$$

d) Fernsehrundfunkdienste

$$\frac{\text{Nutzspannung}}{\text{Störspannung}} = \frac{200}{1} = 46 \text{ dB}$$

3.1.2. Das Ermitteln von Störquellen und die Funk-Entstörungsmaßnahmen

Das Ermitteln von Störquellen und das Einleiten von Maßnahmen zur Beseitigung von Störungen ist Aufgabe der Deutschen Post. Wenn der Besitzer einer gestörten Anlage Meldung erstattet hat, leitet die Deutsche Post entsprechende Maßnahmen ein. Diese Meldungen sind an keine Form gebunden und können an alle Dienststellen der Deutschen Post gerichtet werden.
Der Funk-Entstörungsdienst der Deutschen Post ist verpflichtet, alle diesbezüglichen Richtlinien (Gesetze, Verordnungen und fachliche Bestimmungen) zu beachten und die ökonomischsten Schutzmaßnahmen zu empfehlen. Bei jeder Störung wird zunächst die Funkempfangsanlage, bei der die Störungen auftreten, untersucht. Diese Anlage muß ordnungsgemäß errichtet sein und allen einschlägigen Vorschriften entsprechen. Wie die Praxis zeigt, liegt die Ursache vieler Störungen in schadhaften bzw. unsachgemäß errichteten oder betriebenen Anlagen. Derartige Anlagen muß der Besitzer auf eigene Kosten in Ordnung bringen lassen. Reparaturarbeiten an Empfangsgeräten und Anlagen — die Antennenanlage eingeschlossen — führt die Deutsche Post nicht aus. Es werden Auflagen für die Beseitigung der Störung eventuell mit Terminfestlegungen erteilt.
Die Deutsche Post wird eine Entstörung veranlassen oder selbst durchführen, wenn der Besitzer der störenden Anlage nach schriftlicher Aufforderung seiner Verpflichtung innerhalb der festgelegten Frist nicht nachkommt oder die Entstörung verweigert.

Darüber hinaus kann eine Anlage stillgelegt und versiegelt werden, so daß es nicht möglich ist, solche funkstörenden Anlagen bis zur Beseitigung der Störung zu betreiben. Diese Stilllegung stellt eine zeitweilige Maßnahme zum Schutz des Funkverkehrs dar.

3.1.3. Genehmigung für das Herstellen von Hochfrequenzanlagen

Die gesetzlichen Bestimmungen regeln die Pflichten des Herstellers von Hochfrequenzanlagen. Wichtig ist, daß vor Beginn des Errichtens einer solchen Anlage die entsprechenden Genehmigungen vorliegen müssen. Unter Errichten bzw. Herstellen ist nicht nur der eigentliche Herstellungsprozeß zu verstehen, sondern bereits die Absicht des Herstellens. Letzteres gilt selbstverständlich nicht für eine Amateurstation, da ja im Antrag einer Sendegenehmigung die Absicht begründet wird.
Es bezieht sich also auf die Hochfrequenzanlagen, die nicht für Fernmeldezwecke genutzt werden.

3.2. Der DDR-Standard „Funk-Entstörung" — TGL 20 885/Gruppe 364 —

Alle Maßnahmen und Richtlinien der Funk-Entstörung sind in der *TGL 20 885/Gruppe 364* (verbindlich ab 1. 4. 1966) verankert. Diese umfaßt die Begriffsfestlegungen, die Funkstörmaßtechnik, die Vor-Entstörung funkstörender Erzeugnisse und die dazu gültigen Grenzwerte.
Das sind keineswegs Pauschalwerte; sie wurden unter Berücksichtigung der Frequenzbänder und der sie belegenden Funkdienste festgelegt. Störspannung und Störfeldstärke unterliegen z. B. keiner Begrenzung auf den Frequenzen

13,56 MHz ± 6,78 kHz
27,12 MHz ± 162,72 kHz
40,68 MHz ± 20,34 kHz
433,92 MHz ± 867,84 kHz
2375 MHz ± 50 MHz

Zu diesen Bereichen gehören HF-Geräte, die Hochfrequenz zu anderen als nachrichtentechnischen Zwecken erzeugen (medizinische u. a. Geräte). Anders ist es bei den Frequenzbändern, die der nachrichtentechnischen Übermittlung vorbehalten sind, wobei man in den Rundfunk- und Fernsehbändern die Grenze am engsten festgelegt hat. Nachstehende Festlegungen wurden dafür getroffen:

In den Fernsehrundfunkbereichen 41 bis 68 MHz und 174 bis 223 MHz darf die Funkstörfeldstärke 30 μV/m in 30 m Entfernung nicht überschreiten.

Dagegen dürfen die Oberwellen der eingangs aufgeführten Frequenzen, für die innerhalb des Bereiches keine Beschränkungen auferlegt wurden, die Funkfeldstärke 225 μV/m in 100 m nicht überschreiten.

Im Hinblick auf die Belange des beweglichen Flugfunkdienstes und des Flugnavigationsfunkdienstes wird empfohlen, die Störfeldstärke der Oberwellen über 100 MHz auf 45 μV/m in 100 m Entfernung zu begrenzen. Auf allen oben nicht aufgeführten Frequenzen darf die Störfeldstärke von 45 μV/m in 100 m Entfernung nicht überschritten werden.

Diese Angaben sollen hier der Orientierung dienen. Eine Messung ist nur mit den entsprechenden Meßgeräten möglich und sinnvoll und kommt für den Amateur kaum in Frage.

4. Störungen des Hör- und Fernsehrundfunks

Neben der an anderer Stelle dargestellten Definition der Funkstörung dient eine weitergehende Erläuterung des Begriffes dem tieferen Eindringen in die Entstörungstechnik. Danach sind Funkstörungen Beeinträchtigungen des Funkempfanges auf der empfangenen, den Funkdienst kennzeichnenden Frequenz mit seiner zugehörigen Bandbreite durch gedämpfte und ungedämpfte elektromagnetische Schwingungen im Bereich von 10 kHz bis 3 000 000 kHz, die durch physikalische Vorgänge in der Natur, durch elektrische Vorgänge in Maschinen und Anlagen hervorgerufen werden können.
Meßtechnisch lassen sich Funkstörungen erfassen
an zur Funkstörquelle führenden Leitungen,
an gestörten Funkempfangsanlagen oder Sekundärstörungsträgern als Funkstörspannungen,
an Betriebsantennen als Störspannungen,
an geeichten Meßantennen im Strahlungsfeld einer Funkstörquelle als Störfeldstärke für den gesamten Bereich der elektromagnetischen Schwingungen.
Man unterscheidet weiterhin zwischen selektiven Funkstörungen, die im allgemeinen von HF-Geräten mit beabsichtigter HF-Erzeugung hervorgerufen werden, sowie solchen mit breiten Frequenzspektren, die meistens durch elektrische Ausgleichsvorgänge in der Natur und durch Geräte mit unbeabsichtigter HF-Erzeugung entstehen.
Während die selektiven Funkstörungen sich auf Bruchteile von 1 kHz oder einige wenige Kilohertz erstrecken, sich aber in anderen Frequenzbereichen als zweite und höhere Harmonische wiederholen können, überdecken die Funkstörungen von Störquellen mit breiten Frequenzspektren verschiedenen Umfanges.
Als Störquellen kommen in Betracht:

Störquellen innerhalb der gestörten Empfangsanlage
Störquellen außerhalb der gestörten Empfangsanlage.

Zu den Störquellen außerhalb der gestörten Empfangsanlage gehören:

a) atmosphärische Störungen,
b) durch Wellenausbreitung bedingte Störungen,
c) Störungen durch wellenbenachbarte Sender,
d) Störungen durch benachbarte Empfänger,
e) Störungen durch elektrische Maschinen, Geräte und Anlagen, die beabsichtigt und unbeabsichtigt elektromagnetische Schwingungen in dem vorgenannten Frequenzbereich erzeugen.

Besondere Bedeutung haben die Funkstörungen in den Frequenzbereichen des Rundfunks (Hör- und Fernsehrundfunk), da die meisten Empfänger oft unter schlechten Empfangsbedingungen und in vielen Fällen in Gebieten betrieben werden, die von Funkstörquellen aller Art stark durchsetzt sind, z. B. in den dichtbesiedelten Wohngebieten der Städte. Funkempfangsanlagen für andere Funkdienste baut man dagegen meist sorgfältiger und abseits von funkstörenden Anlagen auf. Sie sind daher gegen Funkstörungen viel weniger anfällig als Rundfunk- und Fernsehempfangsanlagen.

4.1. Störungen innerhalb der gestörten Empfangsanlage

4.1.1. Störungsursachen bedingt durch elektrische Schäden oder Fehler an Einzelteilen der Empfänger

Eine statistische Auswertung aller Störungsursachen zeigt, daß die Störquellen in Rundfunkempfangsanlagen, wobei hier wiederum Hör- und Fernsehrundfunkempfangsanlagen zu verstehen sind, einen Hauptbestandteil der Funkstörungsquelle darstellen. Ihnen muß daher zuallererst die größte Aufmerksamkeit gewidmet werden. Ob die Störungen — soweit sie sich nicht eindeutig festlegen lassen — in der gestörten Empfangsanlage entstehen, ist mit einfachen Mitteln festzustellen. Dabei zieht man am Empfänger Antenne und Erde heraus und schließt beide Buchsen mit kürzester Drahtver-

bindung kurz. Nur dadurch wird der Eingangskreis des Empfängers geschlossen, so daß eine eventuelle Einstreuung störender HF-Schwingungen aus dem Netz betriebsmäßig wiedergegeben werden kann.
Bleiben nach dieser Maßnahme nur die Störungen unverändert bestehen, dann kann es sich sowohl um eine Empfängerstörung im Gerät als auch um eine Einstreuung aus dem Stromversorgungsnetz handeln. Durch provisorisches Einfügen eines HF-Netztiefpasses in die Netzzuführung unterdrückt man die Netzstörungen. Erst dann läßt sich feststellen, ob etwa vorhandene Störungen im Empfänger hervorgerufen werden. Treten jedoch keine Störungen nach Abschalten der Antenne sowie der Erdanlage und Kurzschluß der Antennenerdbuchsen mehr auf, so empfiehlt es sich, Antenne und Erdanlage sowie deren Zuführung zu prüfen, um eine unnötige Störungsursache außerhalb der Empfangsanlage auszuschließen.

4.1.2. Störungsursachen bedingt durch konstruktiven oder schaltungstechnischen Aufbau

Dieses Problem ist besonders bei FS-Empfängern — hauptsächlich bei älteren Typen — zu beachten. In diesem Falle waren die bei der Fertigung vom Gerätehersteller aus gesehenen ökonomischen Gründe, d. h. die Kosten des Gerätes, von Bedeutung. Es wurde auf viele kleine Maßnahmen verzichtet, die eine Störfestigkeit bzw. eine Erhöhung der Störfestigkeit des Gerätes ergeben und dem Fernsehteilnehmer manchen Ärger erspart hätten. Dabei ist noch nicht an jene Geräte gedacht, deren Zwischenfrequenzen unmittelbar in den Frequenzen des Amateurbandes, z. B. bei 21 MHz lagen. Es wird in solchen Fällen schwierig sein, mit dem Fernsehteilnehmer eine Einigung herbeizuführen, da meist nur ein Eingriff in das gestörte Gerät die Störungsursache beseitigt, wenn es auch oftmals geringfügige Änderungen sind.
Ungenügende Spiegelfrequenzsicherheit ist ein weiterer Faktor besonders bei Rundfunkempfängern älterer Bauart.

Ungenügende Trennschärfe dagegen spielt nur im Kurzwellenbereich eine Rolle, die aber kaum ins Gewicht fällt.
Ungenügende ZF-Festigkeit beeinträchtigt oftmals den Fernsehempfang. Das trifft insbesondere für jene Fernsehteilnehmer bzw. für jene Empfangsanlagen zu, die sich im Nahfeld einer Amateurstation befinden. Eine weitere Störung hat ihre Ursache im Empfänger und hier besonders im Hörrundfunkempfänger. Bei zu starken Harmonischen des Oszillators entstehen unerwünschte Mischprodukte, die sich entweder durch Pfeifstellen oder sogar durch ein demoduliertes Signal bemerkbar machen.

4.1.3. Mängel an Antennenanlagen

Mühelos kann man von der Straße Antennenanlagen für Fernsehgeräte entdecken, die schon von weitem den falschen Aufbau erkennen lassen. So werden in zu geringen Abständen voneinander mehrere Antennen an einem Mast befestigt. Des weiteren wird das Antennenkabel völlig unsachgemäß verlegt oder teilweise über Zinkdachrinnen geführt bzw. ohne Abstandsisolatoren am Mauerwerk befestigt. Darüber hinaus werden völlig unsachgemäße Antennen — bezogen auf die Art der Antenne und ihren Anschluß — errichtet. Dabei trägt der Fernsehteilnehmer die Schuld nicht allein. Bereits beim Antennenhersteller bzw. beim Fachhandel wurde hier teilweise ausreichend gesündigt. Dem Verfasser, der sich eingehend mit Entstörungsmaßnahmen im Bereich seiner Amateursendeanlage befaßte, war eine Antenne bekannt, die die Aufschrift trug: Anschlußwert 70 oder 300 Ω. Leider befand sich aber im Anschlußkästchen der Antenne kein entsprechendes Transformationsglied. Der Schleifendipol mit Reflektor und Direktor war nur für 70 Ω ausgelegt; und es gab keine Möglichkeit, ein 240- bzw. 300-Ω-Antennenkabel zu verwenden. Dem Laien ist das jedoch nicht bekannt. Er glaubt, daß man ein solches Kabel ohne weiteres an die Antenne anschließen kann, und wundert sich, wenn die Antennenanlage nicht ausreichend funktioniert und sehr störanfällig ist. Nicht umsonst verlangt also der Gesetzgeber als Grundlage für die Störungsbeseitigung

eine ordnungsgemäß errichtete Empfangsanlage, wobei die Antennenanlage selbstverständlich mit eingerechnet und gemeint ist.
Ein besonderes Problem stellen die Gemeinschaftsantennen für Fernsehen dar. Besonders ältere Anlagen weisen nicht ausreichende Entkopplung, Fehlanpassung und nicht genügend qualitatives Arbeiten des Antennenverstärkers auf. In diesem Falle treten besonders leicht Störungen auf, die dem Funkamateur eine Entstörung oft erschweren. Die Verstärkeranlage muß dann selbstverständlich in einer entsprechenden Werkstatt überprüft und eventuelle Mängel beseitigt werden.

4.2. Störungen außerhalb der gestörten Empfangsanlage

Zu den Störungen außerhalb der Anlage gehören in erster Linie jene, deren Ursachen in natürlichen Vorgängen zu suchen sind. Als erstes werden dabei die atmosphärischen Störungen (in der Funksprache QRN bezeichnet) genannt. Die Untersuchungen dieser Störungen zeigten, daß sie in täglichen, jährlichen und mehrjährigen Perioden auftreten, wobei auch nicht periodische Störungen möglich sind.
Die atmosphärischen Störungen haben ihre Ursache in Ausgleichvorgängen innerhalb der Atmosphäre und Ionosphäre. Als besonders starke Störherde wurden die Grenzgebiete zwischen Warm- und Kaltströmungen und die gewitterreichen tropischen Gebiete erkannt.
Wenn man berücksichtigt, daß sich über der Erdoberfläche ständig etwa 2000 Gewitter entladen, die je Sekunde nahezu 100 Blitze erzeugen, so vermittelt das einen Eindruck von dem Energiegehalt dieser „HF-Sender", die mit ihren breiten Frequenzspektren den hochfrequenten Nachrichtenverkehr stark beeinflussen.

4.2.1. Funkstörungen durch (Amateur-)Funksender

Die Störungen, die sich durch den Betrieb einer Funksendeanlage ergeben, können in drei wesentliche Gruppen zusammengefaßt werden:

a) Störungen von den den Amateurfrequenzbändern benachbarten Funkdiensten,
b) Störungen des Hör- und Fernsehrundfunks,
c) Störungen benachbarter NF-Verstärkeranlagen.

Die Störung von frequenzbenachbarten Funkdiensten ist auf das Überschreiten der Bandgrenzen oder auf das Aussenden von Nebenwellen des Senders zurückzuführen. Im folgenden soll nur das Aussenden von Nebenwellen betrachtet werden. Zum Vermeiden der Bandüberschreitung muß eine entsprechende Frequenzkontrolleinrichtung vorhanden sein (vgl. AFU, Abschn. IV, § 19 Abs. 1).

Nebenwellen werden in den meisten Fällen durch die Ausbildung von „wilden" Schwingungen" hervorgerufen. In der Regel ist das durch die Selbsterregung einer der Senderstufen bedingt, wobei die zur Selbsterregung erforderlichen Schwingkreise nicht aus Schaltelementen bestehen müssen, die als Schwingkreis gedacht sind. Die Selbsterregung erfolgt meistens nach dem Prinzip der Huth-Kühn-Schaltung (Bild 2).

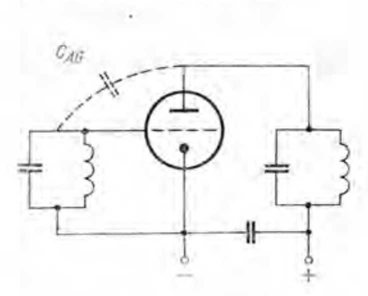


Bild 2
Huth-Kühn-Schaltung (C_{AG} ist die Anoden-Gitter-Kapazität der Röhre)

Eine weitere Möglichkeit ist die Abstrahlung von Nebenwellen durch Sender, bei denen man zur Aufbereitung der Betriebsfrequenz Mischverfahren anwendet, für die unzweckmäßige Frequenzkombinationen benutzt werden.

Ein breites, auch in den Rundfunkfrequenzbereichen fallendes Frequenzspektrum erzeugen die bei Telegrafie auftretenden Tastclicks. Das Telegrafiezeichen stellt dabei eine Rechteckkurve dar, bei der die Flanke des Zeicheneinsatzes impuls-

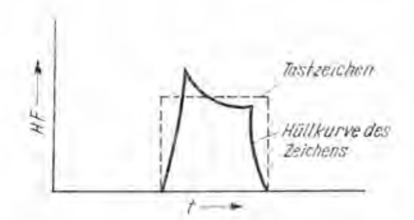


Bild 3. Tastclick

förmig verzerrt ist (Bild 3). Eine derartige Kurvenform setzt sich aus einem Spektrum von gerad- und ungeradzahligen Harmonischen zusammen. Erreicht die HF-Energie der im Rundfunkbereich liegenden Harmonischen einen bestimmten Wert, so werden die genannten Taststörungen hervorgerufen. Weitere Taststörungen ergeben sich durch Funkenbildung an der Taste oder am Tastrelais; sie werden meistens durch Kopplung auf das Starkstromnetz und dann auf die Empfangsanlagen übertragen. Sie sind der üblichen Kontaktstörung gleichzusetzen.

Mit den Störungen, die man als unmittelbare HF-Störungen bezeichnen kann, insbesondere die des Fernsehempfangs, befassen sich die folgenden Ausführungen.

4.2.2. Die Entstehung von Störungen des Fernsehempfanges

Während Tonstörungen relativ wenig anzutreffen sind, nehmen Bildstörungen einen weitaus größeren Raum in der Skala der Fernsehempfangsstörungen ein. Die Bildstörungen sollen deshalb auch als erstes betrachtet werden. Grundsätzlich entstehen Bildstörungen dann, wenn an der Steuerelektrode der Bildröhre eine Störspannung vorhanden ist, die nicht zum Bildinhalt gehört. Wird ein bestimmtes Verhältnis Störspannung zu Nutzspannung unterschritten (videofrequenter Störabstand) und liegt die Frequenz der Störspannung innerhalb des Videofrequenzbandes (0 bis 5 MHz), so ist diese auf dem Bildschirm sichtbar. Bei den allgemein sinusförmigen Störfrequenzen entsteht das bekannte „Moiré“, wobei der Störeindruck bei höherer Frequenz abnimmt.

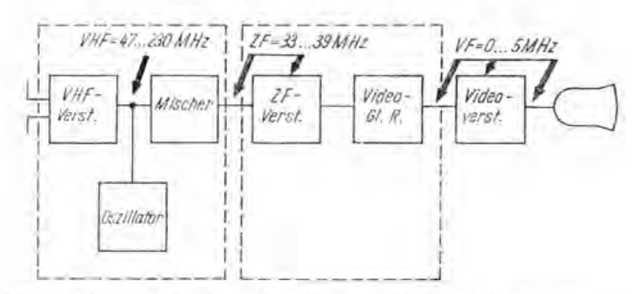


Bild 4. Mögliche Störbeeinflussung des Bildsignalweges (die Pfeile lassen die Punkte der möglichen Störeinwirkung erkennen)

Die möglichen Ursachen für diese Vorgänge sind folgende (s. auch Bild 4):

a) Eine Einwirkung von Störfrequenzen (0 bis 5 MHz) kann durch direkte oder indirekte Kopplung auf den Videoteil, im Sonderfall durch Modulationen der Bild-ZF, erfolgen;
b) Störfrequenzen von 34 bis 44 MHz (21 bis 31 MHz bei alten Fernsehempfängern), die auf den ZF-Teil des Fernsehempfängers gelangen, erzeugen durch Übertragung der Bild-ZF 38,9 MHz bzw. 26,0 MHz am Videogleichrichter ebenfalls die Störfrequenzen 0 bis 5 MHz;
c) die genannten Störfrequenzen im ZF-Bereich können als *Störzwischenfrequenzen* durch Umsetzen von entsprechenden VHF-Störfrequenzen im Mischteil gebildet werden (Sonderfall: Störfrequenz liegt im Empfangskanal).

4.2.2.1. Betrachtungen über den Einfluß der Baugruppen des Fernsehempfängers auf die Störfestigkeit

Abstimmeinheit

Die als *Kanalwähler* bezeichnete Abstimmeinheit des Fernsehempfängers hat die Aufgabe, das gewünschte Empfangssignal aus dem Frequenzspektrum selektiv auszuwählen und der Mischstufe zuzuführen.

In der Mischstufe wird das Signal durch Überlagerung mit der

entsprechenden Oszillatorfrequenz in die erforderliche Zwischenfrequenz umgesetzt. Im festabgestimmten ZF-Verstärker wird es dann nach dem bekannten Verfahren (Superhet + Prinzip) verstärkt und demoduliert. Bei dem Übertragungsverfahren entstehen Mehrdeutigkeiten, die in seinem Prinzip begründet sind. Nutzt man z. B., wie es allgemein üblich ist, die Differenz zwischen Empfangs- und Oszillatorfrequenz aus, so ergibt sich die Zwischenfrequenz nach folgender Beziehung:

$$f_z = f_e - f_0$$

oder $\quad f_z = f_0 - f_e \qquad$ (allgemeine Anwendung).

Demnach kann durch viele weitere Frequenzkombinationen die ZF erzeugt werden. Bild 5 zeigt eine Reihe von Möglichkeiten. Man erkennt, daß die Erzeugung der ZF vom Vorhandensein von Harmonischen der Eingangsfrequenz (außer für f_e und f_{sp}) abhängig ist. Die Harmonischen entstehen durch die Verzerrungen an der Kennlinie der Mischröhre.

Es ist also eine einfache Schlußfolgerung, daß die Vorselektion bis an das Gitter der Mischröhre einen wesentlichen Teil zur Störfestigkeit des Gerätes beiträgt. (Das negative Beispiel zeigen die meisten durchstimmbaren Kanalwähler, die man als „offen wie ein Scheunentor" bezeichnet.) Die genannten Vorgänge gelten allgemein für Hörrundfunk und Fernsehempfänger. Bei Fernsehempfängern ergeben sich weit schwie-

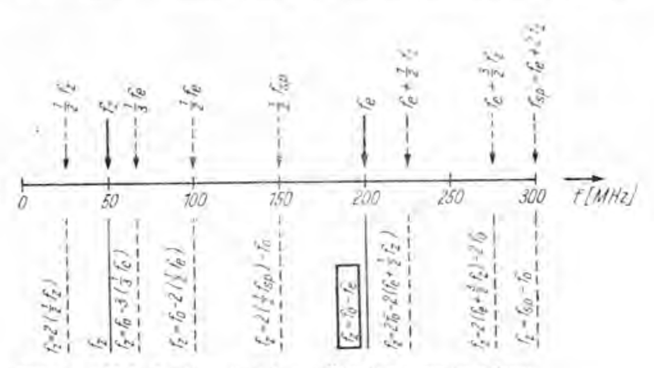


Bild 5. Mehrdeutigkeiten beim Überlagerungsempfang

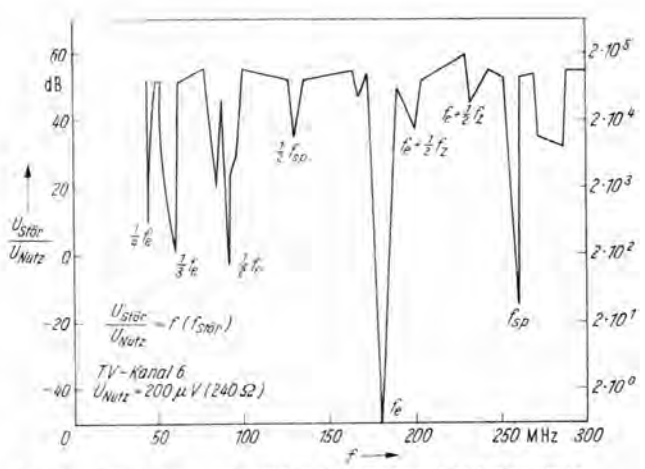


Bild 6. Bildstörungen in Abhängigkeit von der Störfrequenz (Kanal 6)

rigere Verhältnisse, da in das gezeigte Schema für die gestörten und störenden Frequenzen Frequenzbänder einzusetzen sind.

Als Beispiel möglicher Bildstörungen zeigt Bild 6 eine aufgenommene Kurve im FS-Kanal 6. Da man annehmen kann, daß insbesondere bei f_e2, f_e3 usw. die Oberwellen des Meßsenders nicht unbeteiligt sind, darf man in der Praxis mit etwas günstigeren Verhältnissen rechnen.

Als Schlußfolgerung gilt, daß auf der Empfangsfrequenz bei einer Nutzspannung von 200 μV ab 240 Ω Eingangswiderstand eine Störspannung von 2 μV und bei $f_e/2$ eine Störspannung in der Größe der Nutzspannung genügt, um erkennbare Störungen hervorzurufen. Dieser Fall hat insofern Bedeutung, als beim Empfang der FS-Kanäle 5 bis 8 die Stelle in den UKW-Rundfunkbereich (87 bis 100 MHz) fällt.

Eine weitere Störungsursache ist das Eindringen von Störfrequenzen auf der Zwischenfrequenz oder ganzzahligen Teilen davon (z. B. $3{,}54 \cdot 11 = 38{,}9$ MHz : im Nahbereich des Amateursenders!).

Welche Gegenmittel jeweils anzuwenden sind, ersicht man aus den weiteren Abschnitten.

ZF-Teil

Aus dem gegebenen Kompromiß zwischen erforderlicher Bandbreite und Selektion ergeben sich Grenzen hinsichtlich der Störfestigkeit des Abstimmteiles des Fernsehempfängers. Darum müssen entsprechende Maßnahmen im ZF-Teil getroffen werden, die die Gesamtselektion des Gerätes erhöhen. Da auch in diesem Falle die Bandbreite als gegeben gilt, steht die Forderung nach möglichst hoher Flankensteilheit der Durchlaßkurve an erster Stelle. Besonders bei älteren Empfängertypen wurde diese Forderung wenig beachtet (die Durchlaßkurve ist nahezu dreieckig), so daß sich mangelnde Störfestigkeit in erster Linie auf Grund der niedrigen Flankensteilheit ergibt. Als allgemeine Forderung gilt, daß der ZF-Verstärker für Störfrequenzen, die am Bildgleichrichter mit dem Bild- oder Ton-ZF-Träger sichtbare Überlagerungsfrequenzen bilden können, gesperrt ist (s. Abschn. 4.2.1.).

Das kann sich aber nur auf Frequenzen beziehen, die nicht selbst in den ZF-Bereich fallen oder umgesetzt werden. Damit liegen die vom ZF-Teil hinsichtlich der Störfestigkeit zu beeinflussenden Frequenzbereiche fest; das sind die Bereiche 0 bis ≈ 5 MHz oberhalb des Bild-ZF-Trägers und 0 bis ≈ 5 MHz unterhalb des Ton-ZF-Trägers. Grundsätzlich bestehen zwei Möglichkeiten für das Entstehen von ZF-Störfrequenzen:

a) Umsetzung entsprechend zum Empfangskanal gelegener Störfrequenzen oder
b) Geradeausverstärkung von auf die Mischstufe gelangenden Störfrequenzen.

Im Falle a) kommen Störfrequenzen in Frage, die bis etwa 5 MHz unterhalb des Bildträgers und oberhalb des Tonträgers des jeweiligen Kanals liegen. Man spricht dabei von der Nahselektion des Empfängers. Einen speziellen Fall der Nahselektion stellt die Nachbarkanalselektion dar. Die Nahselektion ist fast unabhängig vom eingestellten Kanal, da sie sich auf Grund der im Verhältnis zur Bandbreite kleinen Frequenzabstände nur wenig vom Eingangsteil beeinflussen läßt.

Für die unter b) genannten Störungen gilt im weiten Sinne der Begriff *ZF-Störfestigkeit*. Dabei geht die Durchlaßkurve insofern auf diese ein, als bei zu breiter Durchlaßkurve ein zu großer Frequenzbereich gefährdet werden kann ($\approx$ 15 MHz); bei idealer Durchlaßkurve ist nur das eigentliche ZF-Band gefährdet.

Störungen im Nahselektionsbereich

Nachbarkanalstörungen, gegen die im Empfänger besondere Schutzmaßnahmen vorzusehen sind, treten besonders an den Bereichsgrenzen in Erscheinung. Es besteht vor allem die Gefahr, daß Funkdienste, die in Nachbarbereichen betrieben werden, bei entsprechender Kopplung Fernsehstörungen verursachen. Diese Störungen ruft insbesondere der Amateurfunkdienst hervor, da zwischen Fernsehapparat und Amateurfunkstation oft sehr geringe Entfernungen bestehen. Daneben werden diese Störungen oberhalb des TV-Kanals 4 und unterhalb des TV-Kanals 5 von beweglichen Landfunkdiensten verursacht (4-m-Band 68 bis 87,5 MHz und im 2-m-Band 151 bis 174 MHz). Im Kanal 5 können die Störungen auch durch Dispatcher-Anlagen der Energieversorgung, die im Bereich 173,5 bis 174 MHz arbeiten, auftreten.

Wie entstehen nun derartige Störungen? Wie bereits erwähnt, können diese durch den VHF-Teil nur wenig beeinflußt werden. An Hand einer kleinen Rechnung und des in Bild 7 gezeigten Schemas soll das erläutert werden. In diesem Schema sind die

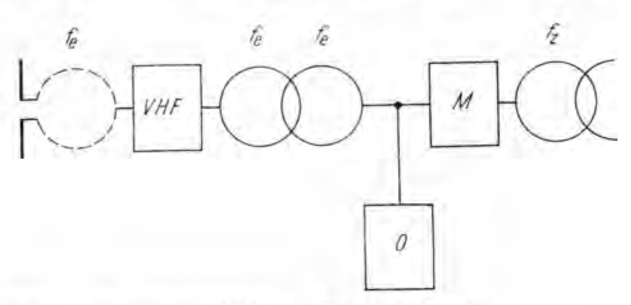


Bild 7. Die Abstimmittel für die Empfangsfrequenz

frequenzbestimmenden Elemente durch Kreise angedeutet. Daraus ist zu erkennen, daß die gesamterzielbare Trennschärfe bis zur Mischstufe aus dem Produkt der Trennschärfen und der Einzelkreise besteht. Die Trennschärfe eines Kreises ergibt sich dabei, von kleinen Verstimmungen abgesehen, näherungsweise zu

$$\frac{U_V}{U} = \sqrt{1 + 4\left(\frac{\Delta f}{B}\right)^2}\,; \qquad (1)$$

B = Bandbreite, Δf = Abstand der Störfrequenz von der Bandmittenfrequenz der auf den Empfangskanal abgestimmten Kreise.

Setzen wir der Einfachheit halber B = 6 MHz und nehmen wir eine 1,5 MHz unter dem Bildträger liegende Störfrequenz an, so ergibt sich Δf zu 4,5 MHz und $\Delta f/B$ zu 3/4. Die Trennschärfe eines Kreises wäre ungefähr 1,8. Das ergibt eine Gesamttrennschärfe von etwa 3 für einen Empfänger mit zwei Abstimmkreisen (breitbandiger Eingangstransformator) und etwa 6 für einen Empfänger mit zusätzlichem Vorkreis.

Hieraus ist bereits der Vorteil des zusätzlichen Vorkreises gegenüber durchstimmbarem Kanalwähler zu erkennen. Für die weitere Unterdrückung bestehen je nach Konstruktion des ZF-Verstärkers unterschiedliche Bedingungen. In der Praxis ergeben sich merkliche Qualitätsunterschiede zwischen älteren und neueren Geräten. Die Unterschiede zwischen älteren Empfängern und modernen Geräten betragen dabei teilweise 20 dB und mehr. In der Praxis ergeben sich Störfestigkeitswerte von $>$ 14 dB für die besten und etwa 7 dB für den schlechtesten Empfänger. Das bedeutet, daß die Störspannung die Nutzspannung am Empfängereingang im ersten Falle etwa um den Faktor 5 überschreitet, im zweiten Falle weniger als die Hälfte betragen darf. Diese Störung ist sehr schwer zu beseitigen. Es lassen sich für den Empfangsbereich III kaum Filter realisieren, die die benötigte Flankensteilheit aufweisen. In solchen Fällen muß dann besonderes Augenmerk auf die Antennenanlage gelegt werden, um dort von vornherein Störer entweder durch erhöhte Richtwirkung oder spezielle Antennenanordnung auszublenden.

Im ZF-Bereich einfallende Störfrequenzen
Hierbei kommen in erster Linie Sender als Störer in Frage. Der ZF-Bereich moderner Empfänger liegt zwischen 33 und 40 MHz und damit mitten im Band für bewegliche Funkdienste, die auf den Frequenzen 30 bis 40 MHz arbeiten. Trotzdem bemüht man sich, auf den meist einheitlich festgelegten Zwischenfrequenzen keine Sender in unmittelbarem Bereich der Fernsehteilnehmer, d. h. in Städten usw., arbeiten zu lassen. Dabei müssen aber die Oberwellen von verschiedenen Sendern, u. a. auch den Amateursendern, mehr beachtet werden. Wie bereits an anderer Stelle gezeigt wurde, liegen die Harmonischen oft unmittelbar auf der Zwischenfrequenz. Selbstverständlich unter der Voraussetzung eines starken Amateursenders in unmittelbarer Nachbarschaft des Fernsehteilnehmers.
In diesem Falle ist die Störungsursache beim Amateursender zu beseitigen, d. h., der Funkamateur muß alle Maßnahmen ergreifen, um eine maximale Oberwellenunterdrückung zu erreichen. Andererseits ist es erforderlich, den Zwischenfrequenzteil des Fernsehempfängers nochmals unter die Lupe zu nehmen, um einen exakten Abgleich zu erzielen; denn, wie ebenfalls bereits beschrieben, hat die Flankensteilheit des ZF-Kanals maßgeblich Anteil an der Störfestigkeit.

Schutzmaßnahmen
Für die Beseitigung von Störungen, die im ZF-Teil auftreten, lassen sich im Eingang des Empfängers ebenfalls Filter verwenden. Es hat sich dabei bewährt, steile Filter aufzubauen, die in den Längszweigen möglichst genau errechnete Werte aufweisen, im Querzweig jedoch zur genauen Einstellung der Resonanzfrequenz einen Trimmer enthalten. Ein solches Filter zeigt Bild 8. Es empfiehlt sich dabei eine Mittelanzapfung des Filters zur Bekämpfung der zu erwartenden unsymmetrischen Komponenten der Störspannung, die sonst nur durch die Längszweige (Kondensatoren) des Filters in geringem Maße erfolgen würde. Dabei genügt es unter Umständen, die Anzapfung an einen berührungsgeschützten Masseanschluß des Empfängers zu legen (z. B. Erdbuchse, niederohmigen Laut-

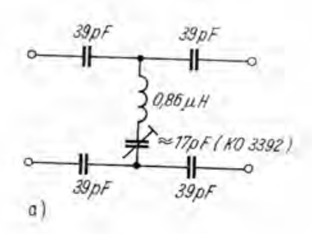




Bild 8
a) Hochpaßfilter für 240-Ω-Anschluß ($f_g \approx 50$ MHz);
b) geerdete Ausführung des Querzweiges

sprecheranschluß o. ä.). Gegebenenfalls wird die Mittelanzapfung über einen Kondensator mit dem Chassis verbunden. Zum Filter ist noch zu bemerken, daß dieses unterhalb seiner Resonanzfrequenz eine wieder zurückgehende Dämpfung aufweist. Sind weitere Störfrequenzen unterhalb der Resonanzfrequenz zu erwarten, so muß es mit einem entsprechend unversteilerten Filter kombiniert werden.

Bei hohen Störspannungen am Eingang des Fernsehempfängers treten weitere Störungen durch unkontrollierbare Mischungen im Eingangsteil auf. Unter anderem werden dabei Harmonische gebildet, ferner erfolgt eine Aufmischung auf die Empfangs- bzw. Zwischenfrequenz. Diese Störungen sind ausschließlich auf Einkopplungen auf den ZF-Verstärker zurückzuführen. Der Grund dafür ist die weitgehende Entkopplung des Eingangsteiles durch die VHF-Schaltung für niedrige bzw. relativ niedrige Frequenzen. Diese Störungen treten besonders bei starker Feldstärke von Mittelwellensendern, aber auch von Kurzwellensendern und von Amateursendern

auf, die mit großen Leistungen im Nahbereich des Fernsehgerätes arbeiten. Es erfolgt dabei oft eine Mischung der Zwischenfrequenzen mit der Störfrequenz bzw. von Harmonischen oder Subharmonischen. Diese wird auf dem Wege Antennenanschluß – Kanalwählergehäuse – Linkauskopplung der ZF bzw. Chassis zum Eingang des ZF-Verstärkers verschleppt. Auf Grund der daraus resultierenden großen Spannungsteilung werden erst Eingangsspannungen in der Größenordnung von einigen Volt wirksam. Tatsächlich kommen diese Spannungen noch bei Amateursendern vor, wie es der Verfasser aus eigener Erfahrung kennt. Wenn auch im allgemeinen diese Störungen nur mit relativ komplizierten Eingriffen in den ZF-Teil beseitigt werden können, so gibt es noch einige weitere Möglichkeiten der Störminderung. Die erste stellt einen Kurzschluß bzw. Nebenschluß der Störfrequenz zwischen den Punkten a und n dar. Bedingung für einen wirksamen Nebenschluß ist, daß seine Impedanz $Z_a = n$ klein gegen den Eingangswiderstand Z_e sein muß. Das läßt sich nur in bestimmten Grenzen verwirklichen, da der Nebenschluß, z. B. eine kurzgeschlossene $\lambda/4$-Leitung, von den Antennenklemmen gegen Netz kapazitiv von der Netzspannung entkoppelt werden muß. Aus Sicherheitsgründen empfiehlt sich eine möglichst kleine Kapazität (Netzspannung auf Antenne), so daß die Entstörwirkung klein bleibt. Es wird deshalb der umgekehrte Weg beschritten, der sich aus der Verringerung des Störstromes durch Vergrößerungen von Z_i ergibt. Diese Maßnahme ist sowohl auf der Netz- wie auf der Antennenseite möglich. Die netzseitige Impedanz z_{in}, die einen Teil des Innenwiderstandes der für die Störfrequenz wirksamen Antennenanordnung darstellt, kann durch Einschalten einer Drossel vergrößert werden. (Beide Netzleiter sind dabei zu verdrosseln.) Gleichzeitig läßt sich der antennenseitige Innenwiderstand durch einen Hochpaß für die Fernsehfrequenz vergrößern, da nur relativ kleine Kapazitäten einen großen Scheinwiderstand für die Störfrequenzen darstellen. In Bild 9 sind beide Maßnahmen gezeigt. Die Dämpfungswirkung für die Störfrequenz beträgt jeweils etwa 10 dB. Im Falle der gleichzeitigen Anwendung werden Dämpfungswerte bis zu etwa 20 dB erreicht.

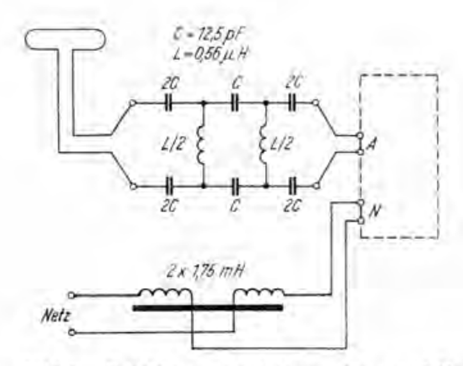


Bild 9. Entstörung mit Antennenfilter und Netzdrosseln

Bei starken örtlichen Störfeldern geht die Entstörwirkung dabei zurück, da dann unter Umständen die Antennenzuleitung im Gerät (bzw. das Chassis selbst) genügend Störspannung aufnehmen kann. Praktische Beispiele für den Aufbau von Filtern folgen in einem weiteren Abschnitt.

4.2.3. Störungen des Hörrundfunkempfanges

Im Kampf gegen TVI spricht kaum noch jemand von den Störungen beim guten alten „Dampfradio" – dem Rundfunkempfänger, dem BCI. Im Gegensatz zu den Fernsehgeräten ist die Störfestigkeit moderner Rundfunkgeräte im Verhältnis weit höher. Seltener geworden sind also die Klagen, daß ein Amateursender BCI verursacht. Allenfalls verursachen die Tastclicks noch jenes „Hack-Geräusch", das den andächtig lauschenden Rundfunkhörer mißmutig werden läßt. Maßnahmen dagegen sind an anderer Stelle dieses Heftes beschrieben. Hier sollen nur die Störungen behandelt werden, die ihre Ursache in der direkten oder indirekten Beeinflussung durch die Hochfrequenz des Amateursenders haben.
Grundsätzlich ergeben sich dadurch einige Schwierigkeiten, daß die Nutzfrequenzen des Amateursenders zwischen den Rundfunkbereichen liegen. Das erfordert unter Umständen

doppelte Maßnahmen bei der Störungsbeseitigung am Rundfunkempfänger. Beim Betrachten der Störungssymptome wird eine einwandfreie Rundfunkempfangsanlage vorausgesetzt (die Störfreiheit des TX soll als gegeben angenommen werden). Noch heute findet man Empfänger — allerdings meist nur bei älteren Geräten —, die die Erde (Wasserrohr o. ä.) als Antenne benutzen. Das ist also keine „einwandfreie" Rundfunkempfangsanlage. Auch „zuviel" Antenne bei Empfangsanlagen, die im Nahfeld von Großsendern stehen (z. B. im Berliner Raum), beeinträchtigt wesentlich die Empfangsfunktion.
Welche Möglichkeiten der Funkstörung bei Rundfunkempfängern gibt es, und was können wir gegen sie tun?

Störungen des Mittel- und Langwellenempfanges
In diesem Falle zeigen die Erfahrungen, daß die meist über die Antenne einfallende Störfrequenz unerwünschte Mischprodukte erzeugt, die zu Pfeifstellen führen.
Ist das nur bei einer bestimmten Frequenz (Sendefrequenz des Amateursenders) der Fall, so darf ein Sperr- oder Saugkreis direkt am Antenneneingang des Rundfunkempfängers, abgestimmt auf diese Frequenz, die erwünschte Abhilfe schaffen (Bilder 10, 11). Meistens handelt es sich um ein Frequenzspektrum bzw. einen größeren Frequenzbereich, der

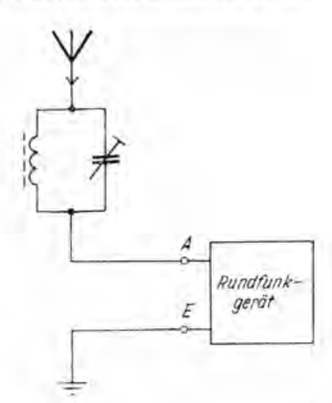


Bild 10
Sperrkreis für
Rundfunkempfänger

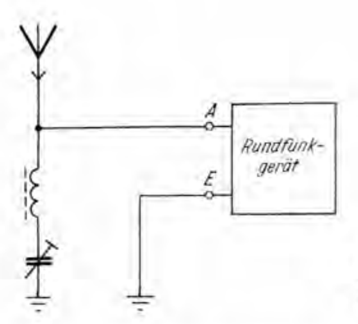


Bild 11
Saugkreis für
Rundfunkempfänger

vom Eingang des Empfängers abgehalten werden soll. Dann ist ein Tiefpaß erforderlich, wie ihn Bild 12 zeigt.

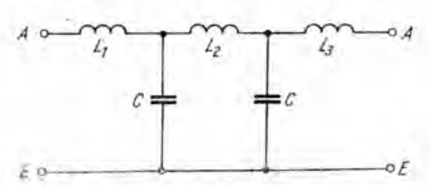


Bild 12. Tiefpaß für Rundfunkempfänger
(L_1 = 80 μH, L_2 = 210 μH, L_3 = 80 μH, C = 500 pF)

Beim Aufbau muß man lediglich darauf achten, daß die Spulen nicht aufeinander koppeln.
Eine weitere Möglichkeit ist das Eindringen der HF über das Netz. Wenn auch von der Sendeanlage durch das Vorhandensein des Netzfilters am Stationsnetzeingang die HF nicht auf direktem Wege eindringen kann, so weist doch in ungünstigen Fällen das Lichtnetz eine ausreichende Antennenwirkung auf. Unter Umständen treten sogar Resonanzfälle auf, die nur schwer zu ermitteln sind. Für den Rundfunkempfänger ist dann ebenfalls ein Netzfilter zu empfehlen. Ein solches Filter zeigt Bild 13.
Auch bei Einphasennetzen, wie sie heute allgemein üblich sind, sollte auf Grund der möglichen Spannungsdifferenz 0-Erde die symmetrische Ausführung angewendet werden.

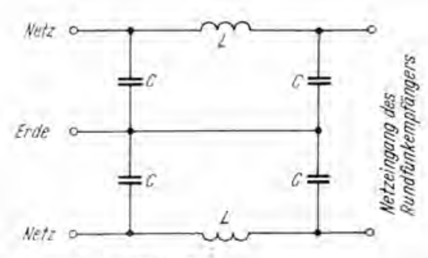


Bild 13. Netzfilter für Rundfunkempfänger
($L = 12\ \mu H$, $C = 10\ nF/750\ V$ induktionsfrei)

4.2.4. Störempfindlichkeit von Antennenanlagen und meßtechnische Beurteilung ihrer Größe

Unter der Voraussetzung, daß das Empfangsgerät genügend gegen das Eindringen von Funkstörspannungen und gegen das Einwirken von Störfeldern gesichert ist, wird die Störempfindlichkeit der Empfangsanlage ausschließlich von der Störempfindlichkeit der Antennenanlage bestimmt. Diese Störempfindlichkeit hängt dann ab von der Größe der Kopplung der Antennenelemente (mit dem Nutzfeld),
von der Größe der Kopplung des Antennenelementes (der -elemente) mit dem Störfeld bzw. der Entkopplung vom Störfeld (als zahlenmäßige Definition gibt man die effektive Höhe der Empfangsantenne $h_{s(m)}$, bezogen auf ein von Sekundärstrahlern unbeeinflußtes Feld am Empfangsgerät an)
und von der Übertragungsdämpfung der Störspannung $d_ü$.
Da sich die Störempfindlichkeit zu beiden Größen umgekehrt proportional verhält, ergibt sich folgender Ausdruck:

$$S_e = \frac{k}{d_ü \cdot h_s}; \qquad (2)$$

S_e = Störempfindlichkeit, $d_ü$ = Übertragungsdämpfung der Störspannung, h_s = effektive Antennenhöhe.
Multipliziert man diesen Ausdruck mit der Klemmenspannung des Störers und setzt für die Konstante k den Wert 50 ein, so erhält man

$$E_n = \frac{50}{d_{\ddot{u}} \cdot h_s} \cdot E_{st} \,. \qquad (3)$$

Das ist diejenige Nutzfeldstärke E_n im unbeeinflußten Feld am Empfangsort, bei der sich für ein gegebenes Wertepaar $d_{\ddot{u}}$ und h_s sowie für einen bestimmten Wert von E_{st} gerade noch störungsfreier Empfang ermöglichen läßt. Die Größe k wird festgelegt durch die für störfreien Empfang notwendige Größe des Verhältnisses Nutz-EMK zu Stör-EMK; beide an der Empfangsantenne gemessen.

Der zulässige Wert von k ist von der Art des beeinflußten Funkdienstes (Sprechfunk, Fernschreiben, Fernsehen usw.) sowie von seinen technischen Eigenschaften (Modulationsart usw.) abhängig. Die entsprechenden Werte wurden von CCIR* und CISPR** festgelegt.

Für den amplitudenmodulierten Tonrundfunk wurde k mit 100 (40 dB) als zulässiger Wert ermittelt. Bei diesem Wert sind — normale Raumgeräusche und ruhige Umgebung vorausgesetzt — noch Pianostellen der Übertragung unbeeinflußt wahrzunehmen. Im allgemeinen rechnet man mit mittleren Verhältnissen (k = 50). Die Störempfindlichkeit kann danach als Nutzfeldstärke im unbeeinflußten Nutzfeld definiert werden, die bei Störklemmenspannung 1 für gegebene Werte $d_{\ddot{u}}$ und h_s noch einwandfreien Empfang zuläßt.

Reziprok ergibt sich die Störfestigkeit

$$S_f = \frac{1}{S_e} = \frac{d_{\ddot{u}} \cdot h_s}{k} \,. \qquad (4)$$

Multipliziert man diesen Wert mit der am Empfangsort an einer von Sekundärstrahlern unbeeinflußten Stelle vorhandenen Nutzfeldstärke, so erhält man aus der Beziehung

$$E_{st} = \frac{d_{\ddot{u}} \cdot h_s}{50} \cdot E_n \qquad (5)$$

die für störungsfreien Empfang noch zulässige Störspannung für bestimmte Werte $d_{\ddot{u}}$ und h_s. Die Störfestigkeit einer

* CCIR = Comité Consultatif International de Radiodiffusion.
** CISPR = Comité International Special des Perturbations Radiophoniques.

Empfangsanlage ist also definiert durch die Klemmenspannung an der Störquelle, die bei d_a und h_s und der Nutzfeldstärke 1 noch störungsfreien Empfang zuläßt.
Aus diesen Betrachtungen resultiert, daß die Störempfindlichkeit der Antennenanlage im starken Maße von Aufbau und Form abhängt. Das trifft für Antennen in allen Bereichen, also vom AM-Rundfunk bis zum FS-Rundfunkbereich zu.
Untersucht man nun andererseits die vorliegenden Ergebnisse aus den Erfahrungen der Störbeeinflussung durch Sendeanlagen — hier die durch den Empfang der Nutz-, Ober- und Nebenwellen entstehenden —, so erkennt man ohne weiteres die Schwierigkeiten, die bei der Störungsbeseitigung, ganz besonders im Nahfeld, auftreten.
Ohne eingehende Messungen, die der Amateur im allgemeinen nicht durchführen kann, läßt sich eine sachliche Einschätzung über einen zweckentsprechenden Aufbau der Antennenanlage in speziellen Fällen nicht durchführen.

5. Funkstörungen durch Störausstrahlungen von Hör- und Fernsehrundfunk-Empfangsanlagen

Alle Superhetempfänger wirken, bedingt durch das Überlagerungsprinzip, als Sender, bei denen die Überlagerungsfrequenz und deren Harmonische (mitunter sogar die Zwischenfrequenz) als HF-Störschwingungen an die Antennen- sowie Erdverbindungen gelangen und abgestrahlt werden können. In ähnlicher Weise entstehen auch HF-Störschwingungen in Rückkopplungs- sowie in Pendelrückkopplungsempfängern und nicht zuletzt in Fernsehempfängern.

Die zulässigen Grenzwerte für die Funkstörungen sind für die Antennenanschlüsse von Ton- und Fernsehrundfunkempfängern (z. B. Netzanschluß, Lautsprecheranschluß usw.) in der *TGL 20 885* festgelegt.

Die Funkstörspannung am Netzanschluß von Hörrundfunkempfängern unterliegt dabei keiner Begrenzung. Es wird empfohlen, die Störspannung am Antennenanschluß und am Netzanschluß so niedrig zu halten, wie es beim gegenwärtigen Stand der Technik vertretbar ist. Am Chassis vom Fernsehrundfunkempfänger sowie an seinem Netzanschluß darf die Funkstörspannung im Frequenzbereich 150 kHz bis 1,6 MHz einen bestimmten Grenzwert nicht überschreiten.

Am Antennenanschluß von Fernsehrundfunkempfängern darf die Funkstörspannung im Frequenzbereich 150 kHz bis 1,6 MHz 12 μV nicht überschreiten. Bei Hörrundfunkempfängern unterliegt die Funkstörfeldstärke, die sich aus dem Empfang im Frequenzbereich 150 kHz bis 30 MHz ergibt, keiner Begrenzung.

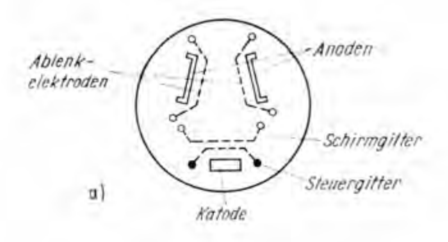
Schließlich darf die Funkstörfeldstärke bei Hörrundfunkempfängern mit einer Zwischenfrequenz von 10,7 MHz und bei Fernsehrundfunkempfängern mit einer Zwischenfrequenz von 38,9 MHz in 3 m Entfernung auf der Oszillatorgrundfrequenz den Wert 1000 μV/m und auf den übrigen Frequenzen des Bereiches 30 bis 790 MHz den Wert 200 μV/m nicht überschreiten.

Obwohl der Begriff *Funk-Entstörung* — auch unter dem Gesichtspunkt des störungsfreien Empfanges — in diesem Falle nicht angebracht erscheint, sollen doch noch einige Gedanken zur Qualität der Empfangsanlage der Amateurstation behandelt werden.

Folgende Bedingungen werden an unseren Stationsempfänger gestellt:

a) Empfindlichkeit
b) Trennschärfe
c) Stabilität
d) Kreuzmodulationsfestigkeit
e) Ablesegenauigkeit
f) Wiederkehrgenauigkeit bei Bandumschaltung.

Empfindlichkeit und Empfangsverstärkung werden sehr oft verwechselt. Das Vorantreiben der Empfangsverstärkung bringt dann unausbleiblich die große Enttäuschung: Die Kreuzmodulationsfestigkeit des Empfängers ist schlecht. Es ist unsinnig, Kaskodenstufen oder supersteile Röhren in den Eingangsstufen einzusetzen. Grundsätzlich gilt: erst Selektion, dann Verstärkung. Moderne Empfängerschaltungen veranschaulichen das, indem auf die Vorstufe völlig verzichtet wird, sie aber hinter der Mischstufe ein hochselektives Filter (oft mit sehr hoher Frequenz) aufweisen und dann erst im ZF-Teil die notwendige Verstärkung bringen. Durch die Verwendung entsprechender Mischstufen zeigt sich, daß Empfindlichkeit, Trennschärfe und Kreuzmodulationsfestigkeit durchaus keine widersprüchlichen Begriffe darstellen. Auch ohne Mc-Coy-Filter und beam-deflection-Tube (Bild 14) wird es bei Beachtung dieser Regeln möglich sein, eine entsprechende Qualität beim „Home-made-Rx" zu erreichen; ein wesentliches Merkmal beim störungsfreien Empfang!



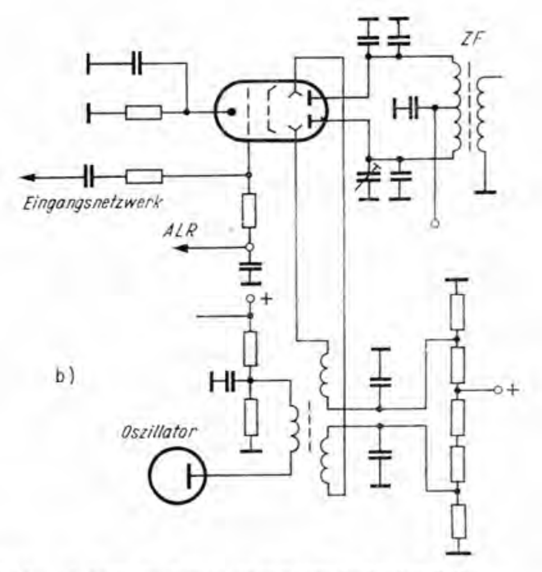


Bild 14. a) Aufbauschema einer beam-deflection-Röhre
b) Mischstufe mit einer beam-deflection-Röhre

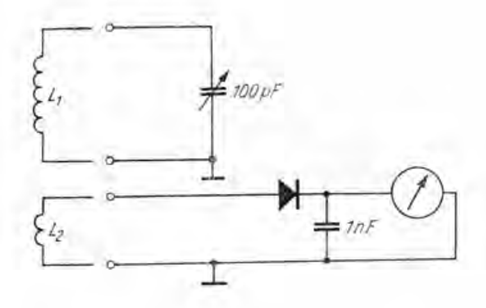
6. Funkstörmeßtechnik

6.1. Allgemeines

Die Aufgabe, die Meßmethoden usw. sind in der *TGL 20 885* festgelegt. Um auch nur annähernd aussagekräftige Störmessungen durchzuführen, müßte der Funkamateur einen nicht vertretbaren Meßgeräteaufwand treiben. Aus diesem Grunde steht der Funk-Entstörungsdienst der Deutschen Post für die Überprüfungen der Anlagen zur Verfügung. Die eingeführten turnusmäßigen Kontrollmessungen helfen, die Störfestigkeit der Amateurstation zu gewährleisten. Trotzdem ist es notwendig, bei aufgetretenem TVI bzw. BCI neben der subjektiven Kontrolle der Beseitigung Hilfsmessungen durchzuführen, bei denen nur die amateurmäßigen Meßgeräte zur Verfügung stehen.
Nachfolgende Ausführungen geben Hinweise, wie dabei der „Meßgerätepark" des Amateurs eingesetzt werden kann.

6.2. Das Messen mit dem Absorptionsfrequenzmesser

Die einfachste Meßmethode — auch bei der Messung von Störfrequenzen — ist das Messen mit dem Absorptionsfrequenzmesser. Mit der in Bild 15 gezeigten einfachen Bauart lassen sich insbesondere Störfrequenzen auf Netzzuleitungen gut erkennen. Die Werte der dazugehörigen Spulen gehen aus der Tabelle hervor. Ein Steuersender beim Verfasser wurde auf diese Art auf richtige Erdung untersucht. Während vorher eindeutig HF auf der Zuleitung festzustellen war, konnte an Hand der (Relativ-)Messungen durch eine zweckmäßige Gehäuseerdung diese auf einen nicht mehr festzustellenden Wert gebracht werden.
Auch die Messung an den Netz- und Antennenzuleitungen des gestörten Fernsehempfängers ergibt auf diese einfache Art wertvolle Hinweise.



Frequenzber. MHz	Wdg. L_1	Draht	Ø mm	Länge mm	Wdg. L_2
60...170	3/4	1 mm Cu S	12,7	–	1
40...110	2	"	12,7	3	2
19...55	4	"	25	6	2
7...19	15	"	25	16	3
3,5...8	30	"	35	42	4
1,7...4	75	0,5 Cu LS	35	46	6
0,65...1,7	170	0,2 Cu LS	35	38	10

Bild 15. Absorptionsfrequenzmesser zur Störstrahlungsmessung

Diese Meßmethode läßt sich durch Verwendung eines selektiven Frequenzmessers (etwa nach Bild 16) verbessern.
Zur Gleichrichtung und Verstärkung werden Transistoren verwendet. Der sonst nachteilige niedrige Eingangswiderstand von Transistoren läßt sich durch die Kollektor-Basisschaltung ausreichend vergrößern. Die Belastung des Meßkreises wird vernachlässigbar klein. Der erste Transistor wirkt mit seiner Emitter-Basis-Strecke als HF-Gleichrichter sowie als Basisspannungsteilerglied des zweiten Transistors. Daher geht mit kleiner werdendem R_i des Transistors T1 die Basisspannung an T2 gegen Minus und öffnet diesen (die Polarität gilt für pnp-Transistoren). Man erzielt so einen Kollektorstrom, der

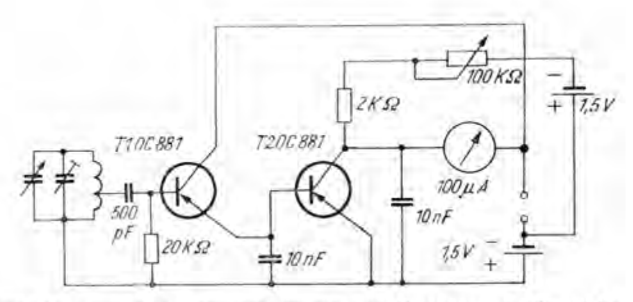


Bild 16. Selektiver Frequenzmesser zur Bestimmung von Störfrequenzen

sich proportional zur Resonanzspannung verhält. Der Kollektorruhestrom wird mit dem 100-kΩ-Potentiometer bei signallosem Zustand auf Null kompensiert. Da die Einstellung temperaturabhängig ist, sollte die Nullpunkteinstellung vor jeder Messung neu vorgenommen werden. Der Schwingkreis wird niederohmig bei 10 bis 20 Prozent der Spulenwindungen angekoppelt.

Hochqualitative Meßgeräte lassen sich mit Hilfe von Feldeffekttransistoren herstellen. Mit diesen Meßgeräten sind Eingangswiderstände von 11 MΩ realisierbar. Da diese aber z. Z. dem Amateur noch nicht zur Verfügung stehen, soll darauf nicht näher eingegangen werden.

Weitergehende Messungen finden ihre Grenzen an den dazu erforderlichen Spezialmeßgeräten, wie sie dem Meßdienst der Deutschen Post zur Verfügung stehen.

7. Funkstörung (Verhütung, Minderung und Beseitigung von Funkstörungen)

7.1. Verhütung von Funkstörungen

Die beste Funk-Entstörung ist die Verhütung von Funkstörungen. Von dieser Erkenntnis gehen auch alle gesetzlichen Bestimmungen aus, wie wir bereits in Abschnitt 3 erfahren haben. Eine absolute Verhütung läßt sich dabei in den meisten Fällen nicht durchführen, es sei denn mit einem nicht mehr zu vertretenden Aufwand. Die Mindestforderungen wurden wertmäßig in den vorangegangenen Abschnitten erläutert, und es bleibt nur die Frage zu beantworten, welche praktischen Maßnahmen zu ergreifen sind, um dem obenerwähnten Ziele möglichst nahe zu kommen.
Da wir die Funk-Entstörungstechnik allein unter dem Gesichtspunkt des Funkamateurs betrachten wollen, steht die Sendeanlage im Vordergrund.
Die Entstörung beginnt schon beim Entwurf der gesamten Anlage. Bewußt wird hierbei der Begriff *Anlage* gebraucht, da von der Stromzuführung bis zur Antenne alle Teile mit inbegriffen sind. In dieser Reihenfolge soll, auch wenn es mit der Funktion der Anlage nicht ganz übereinstimmt, die Frage der Entstörung untersucht werden.

7.1.1. Stromversorgung

Unter den vorhandenen Stromversorgungsnetzen finden wir drei Hauptgruppen: Gleichspannungsnetz, Wechselspannungsnetz Phase/Phase und Wechselspannungsnetz Phase/Null. Da Gleichspannungsnetze kaum noch anzutreffen sind und in Kürze völlig verschwinden, können diese außer acht gelassen werden.
Bei den beiden Ausführungen von Wechselspannungsnetzen konnte festgestellt werden — diese Resultate zeigen auch die

eingehenden Untersuchungen des Verfassers —, daß die aufgebauten Funk-Entstörungsmittel gleich wirksam an beiden Netzarten waren. Auf eine Unterscheidung kann man deshalb verzichten. Die verbreitetste Störung ist das Übertreten von in der Sendeanlage entstehender Hochfrequenz in das Stromversorgungsnetz. Obwohl bedingt durch die örtlichen Verhältnisse Besonderheiten auftreten können, lassen sich diese Störungen in fast allen Fällen durch den Einbau eines Netzfilters beseitigen. Eine recht unkomplizierte Lösung eines Netzfilters zeigt das Bild 17. Es besteht aus einem einfachen Doppel-π-Glied. Obwohl für C_2 und $C_{2'}$ Durchführungskondensatoren empfohlen werden, zeigte das vom Verfasser mit

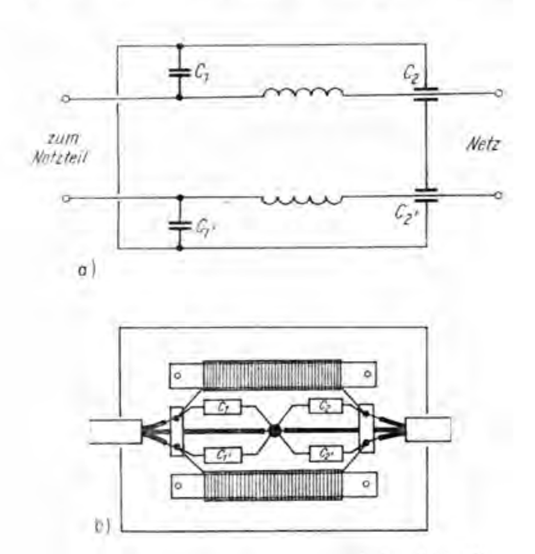


Bild 17. a) Einfaches Netzfilter, Schaltung; b) einfaches Netzfilter Aufbau
(C_1, $C_{1'}$ = 5 nF; C_2, $C_{2'}$ = 0,1 bis 0,25 μF; L = 80 W, 0,8 bis 1-mm-CuL auf 12 mm Körperdurchmesser eng gewickelt)

üblichen Kunstfoliekondensatoren gebaute π-Glied hervorragende Qualitäten. Die Dämpfung betrug im Kurzwellenbereich 45 dB. Bei dem genannten Aufbau wurden sämtliche Kondensatoren an einem Punkt mit dem Aluminiumgehäuse verbunden, an dem die Erdung erfolgte. Das Aufbauschema zeigt Bild 17 b.

Ein Netzfilter für höhere Ansprüche ist in Bild 18 dargestellt. Wie aus dem Aufbauschema (Bild 19) hervorgeht, sind alle Spulen eines Zweiges auf je einen gemeinsamen Körper gewickelt. Das Filter ist in einem geschirmten Gehäuse untergebracht. Die Dämpfung im Kurzwellenbereich beträgt etwa 50 dB. Werden zur Gleichrichtung der Wechselspannung in QRO-Sendern Quecksilberdampf-Gleichrichterröhren verwendet, so können dadurch ebenfalls unangenehme Störungen auftreten. Die Wirkungsweise eines solchen Gleichrichters beruht auf der Ventilwirkung eines sich im evakuierten Gefäß zwischen der Quecksilberkatode und der Anode ausbildenden Lichtbogens. Aus dem glühenden Katodenfleck treten die Elektronen aus und werden von der positiven Anode angezogen. Da man an die Elektroden (Katode und Anode) Wechselspannung anlegt, ist ein Stromfluß nur während der positiven Halbperiode möglich (Ventilwirkung). Bei der hohen Temperatur verdampft das Quecksilber, das infolge der auftreffenden Elektronen ionisiert wird. Dadurch tritt eine Kompensation

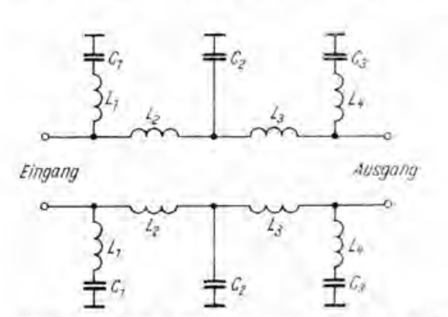


Bild 18. Schaltung eines verbesserten Netzfilters ($C1$, $C3$ = 72 pF; C^2 = 300 pF; L_1, L_4 = 0,72 μH; L_2, L_3 = 1,25 μH)

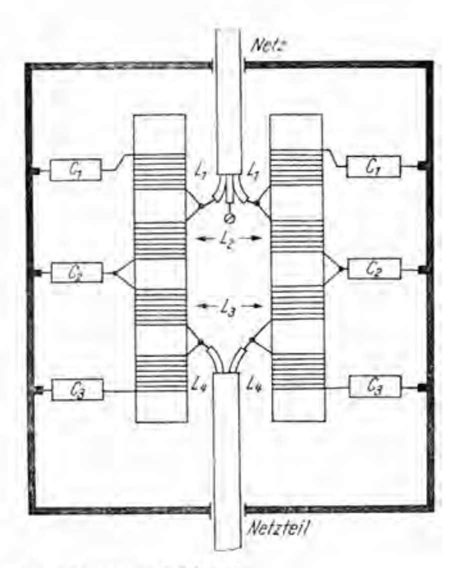


Bild 19. Aufbau des Netzfilters nach Bild 18

der Raumladung ein. Anschließend schlägt sich das Quecksilber nach erfolgter Abkühlung an den Gefäßwänden nieder und fließt zur Katode zurück.
Der Vorgang der Verdampfung des Quecksilbers durch den Lichtbogen wird im Takte der Niederfrequenz unterbrochen und wiederhergestellt. Alle diese Vorgänge bewirken eine kontinuierliche Funkstörung in Form eines breiten Frequenzspektrums, das unter Umständen über einen starken niederfrequenten Störanteil verfügt.
Die Beseitigung dieser Störung ist deshalb schwierig. Grundsätzlich sollte man auf Einweg-Gleichrichtung mit Quecksilberdampf-Gleichrichterröhren verzichten. Zweiweg-Gleichrichterschaltungen weisen weit weniger Störungen auf als Einwegschaltungen. Bei Graetz-Schaltung kompensieren sich die Störungen fast völlig, jedoch ist der Aufwand sehr groß.
Bei Verwendung der beschriebenen Netzfilter zeigte sich auch eine ausreichende Bedämpfung des niederfrequenten Stör-

anteils zum Stromversorgungsnetz. Im eigenen Stationsempfänger waren die Störungen allerdings nach wie vor wahrnehmbar. In einem solchen Falle hilft dann nur eine separate Filterung des Empfängers und eine gute Schirmung des Hochspannungsnetzteiles.

7.1.2. Der Sender

Betrachtet man Bauanleitungen für Amateursender aus den früheren Jahren und vergleicht diese mit den modernen Schaltungen der Neuzeit, dann läßt sich ein wesentlicher Unterschied feststellen. Wurden früher in allen Stufen möglichst leistungsstarke Röhren verwendet, so findet man heute in den einzelnen Stufen allenfalls Röhren kleinster Leistung. Erst Treiber- und PA-Stufe haben die Werte, die zur Erzielung der erforderlichen Sendeleistung notwendig sind. Zur Frequenzerzeugung selbst (VFO) wird eine kleine Verstärkerröhre ausreichender Steilheit verwendet, die mit relativ geringer Betriebsspannung schon sicher und stabil schwingt.
Es kommt also darauf an, daß in den Vorstufen keine Leistung erzeugt wird. Mit den unvermeidbaren Verzerrungen in den Verdopplerstufen steht die Erzeugung von Störwellen in engem Zusammenhang.
In Abschnitt 4.2.1. wurden bereits die Störungen erwähnt, die durch den Tasteinsatz beim Telegrafieverkehr auftreten können. Bild 3 zeigte dabei die Kurvenform des Zeichens, wobei durch die Einschwingvorgänge und durch den möglichen Kontaktfunken Störungen entstehen. Um derartiges zu vermeiden, gibt es eine Vielzahl von Schaltungsanordnungen, die von der einfachen Funkenlöschung durch einen Kondensator parallel zur Taste bis zur Korrektur des gesamten Einschwingverhaltens mit Hilfe mehrerer Röhrensysteme reichen. Es ist nicht möglich, alle diese Varianten zu erläutern. Im Rahmen dieser Broschüre soll auch nicht das beste Tastverfahren ermittelt werden, denn die Praxis beweist, daß sogar die eineinfachste Tastart — die Katodentastung — saubere Zeichenqualität (auf dem Oszillografen!) aufweisen kann. Das ist

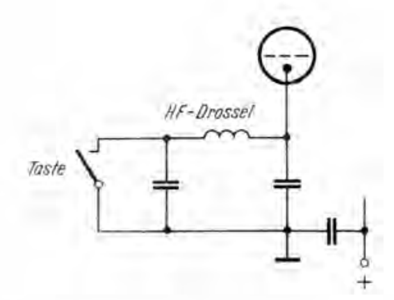


Bild 20
Tast-(Click-)Filter

aber nicht allein auf das Verfahren zurückzuführen, sondern auf die gesamte Arbeitsweise des Oszillators. Die Theorie, die von einer Tastung des Schwingungserzeugers grundsätzlich absieht und die Unterbrechung in eine folgende Stufe verlegt, dürfte nach wie vor das eindeutigste Rezept sein.
Danach wäre das absolut sicherste Verfahren der Super-VFO (xtal + oder – variable Frequenz) und die Tastung der folgenden Misch- bzw. der Verstärker- oder Pufferröhre. Das ist selbstverständlich eine Frage des Aufwandes. Bild 20 zeigt das für die meisten Tastarten gebräuchliche Tastfilter. Sofern nicht die obenerwähnte Tastart, nicht den Oszillator, sondern eine der Folgestufen zu tasten, angewendet wird, stellt die Unterbrechung der Betriebsspannung (Anoden- oder Schirmgitterspannung) in bezug auf das Einschwingen die vorteilhafteste Tastart dar. Nachteilig ist jedoch, daß diese Spannung an der Taste liegt (gefährlich!), oder man benötigt ein zusätzliches Relais und die dazugehörige Spannung. Gleichzeitig erhöht sich auch die Gefahr der Funk-Entstörung. Von HB 9 QO wurde eine Tastung vorgeschlagen, die zwar ebenfalls nicht ohne zusätzlichen Aufwand auskommt (bezüglich ihrer Wirkungsweise), jedoch einige Vorteile bietet. Sie stellt einen elektronischen Schalter für das Schirmgitter der VFO-Röhre dar. Der elektronische Schalter benötigt eine negative Spannung von etwa 20 bis 30 V, die sich leichter erzeugen läßt als die Speisespannung eines Relais. Getastet wird das Schirmgitter, wobei der Schirmgitterstrom durch die Glimmlampe fließt. Ist die Taste offen, so leitet die Röhre V 1. An R 1 ent-

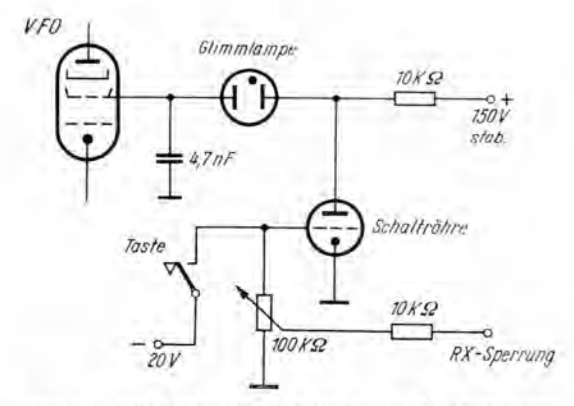


Bild 21. BK-Tastung mit Schaltröhre und Glimmlampe

steht ein großer Spannungsabfall, so daß die Glimmlampe nicht zünden kann und die VFO-Röhre keine Schirmgitterspannung erhält. Bei geschlossener Taste wird V 1 durch die negative Spannung gesperrt, die Glimmlampe zündet und der VFO schwingt. An P_1 kann noch eine negative Spannung abgegriffen werden, die den RX sperrt. Als Taströhren eignen sich alle bekannten Triodentypen. Der Schirmgitterstrom durch die Glimmlampe sollte bei üblichen Kleinglimmlampen nicht größer als 2 bis 3 mA sein. Für größere Ströme sind Glimmstabilisatoren zu verwenden.

Einen weiteren Einfluß auf die Störstrahlungsfreiheit des Senders hat die einwandfreie Erdung bzw. Nullung der Kreis- und Vorverstärkerelemente im bzw. auf dem Chassis. Dazu gehören auch qualitativ gute Abschirmungen, bei denen oft zugunsten einer amateurmäßigen „Service-Freundlichkeit" Kompromisse geschlossen werden müssen. Die vielverbreitete „Trennwandtechnik" bietet keine Gewähr für gute Abschirmung; sie genügt zwar als Abschirmung zwischen den Stufen, aber nach außen hin ist sie nahezu wirkungslos. Das gilt besonders für die PA, die ein starkes HF-Feld entwickelt, was sich leicht mit dem Absorptionskreis feststellen läßt. Bei einem Sender mit 200 bis 300 W Input leuchtet eine

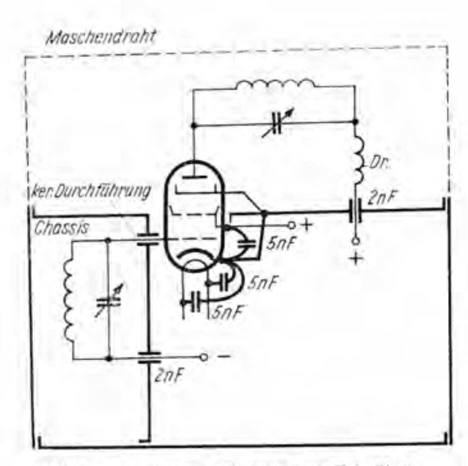


Bild 22. Richtige Nullung einer PA-Stufe

Glimmlampe bereits in 10 cm bis 15 cm Entfernung auf. Damit eine Einstrahlung auf benachbarte Geräte (die ihrerseits diese HF weitertransportieren können) oder auf Netz-, Telefon- und andere Leitungen vermieden wird, muß man eine allseitige Abschirmung vorsehen. Da aber bei der PA Wärme abgeführt werden muß, verwendet man als Abschirmung ein

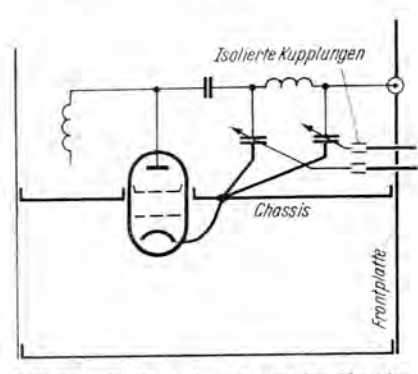


Bild 23. Richtige Anordnung des Chassis

engmaschiges Drahtgeflecht. Bronze oder Messingdraht läßt sich gut verlöten, wodurch die Qualität der Abschirmung noch erhöht wird.

Ferner müssen beim Zusammenbau der Chassis (Frontplatten) die Trenn- und Abschirmbleche beachtet werden. Besonderer Wert ist hier auf die einwandfreie Kontaktgabe zu legen, die unter Umständen durch aufgenietete Kupferbleche oder sogar durch gefederte Druckleisten verbessert wird.

Das Festlegen der Erd- und Nullpunkte im Sendergehäuse (Chassis) stellt ein besonderes Problem dar. Dafür können wohl Richtlinien und Empfehlungen, aber keine allgemeingültigen Rezepte gegeben werden. Je höher die Frequenzen, desto kritischer wird dieses Problem. Im allgemeinen hat sich folgender Leitgedanke bewährt:

Die Erd- bzw. Nullpunkte einer Stufe sind dort zusammenzufassen, wo der Bezugspunkt Null sein soll. Das kann das Bremsgitter, die Katode oder ein anderer Punkt sein, je nach den Gegebenheiten der jeweiligen Schaltung. Diese Punkte werden auf einer Sammelschiene zusammengefaßt und an einer Stelle des Chassis geerdet. Bewußt wurde der Begriff *Sammelschiene* verwendet, da nur ein ausreichender Querschnitt einwandfreie Erdung garantiert. Mit zunehmender Frequenz ($\triangleq$ 300 MHz) wird aber auch diese Methode fragwürdig, da die Leitung in ihrer elektrischen Länge in die Größenordnung $\lambda/4$ kommen kann.

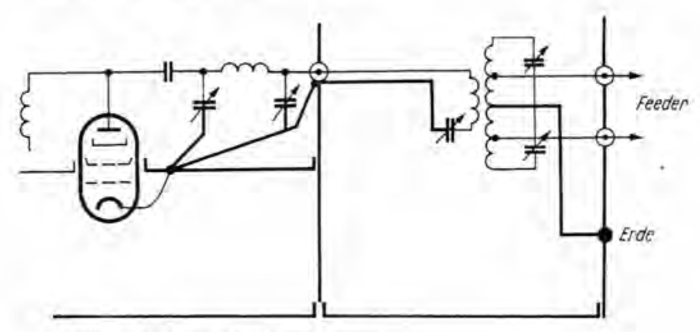


Bild 24. Richtige Link-Anordnung

Die Bilder 22 bis 24 zeigen das jeweilige Aufbauschema der entsprechenden Senderendstufe. Beim Aufbau, insbesondere der PA-Stufe, sollte die Konstruktion der Röhre berücksichtigt werden. Die Röhrenfassung ist z. B. nicht auf das Chassis zu setzen, sondern so weit darunter, daß das Chassis mit der Systemschirmung eine Ebene bildet (Bild 23).

7.1.3. Antennen und Antennenanpassung

Es ist erwiesen, daß selbst bei einwandfrei aufgebauten Sendern und bei Einschaltung eines Tiefpaßfilters (der noch beschrieben wird) beim Betrieb an fehlangepaßten Antennen Störungen des Hör- und Fernsehrundfunks auftreten. Deshalb wird die Forderung nach einer guten Anpassung des verwendeten Strahlers erhoben, nicht nur, um die erzeugte Senderleistung wirklich nutzbringend zu verwenden, sondern auch, um Störungen zu vermeiden. Damit ergibt sich die Frage, welche Antenne verwendet werden soll. Diese Frage ist nicht leicht zu beantworten; sicher gäbe es dann längst die „Allround-Super-Hochleistungsantenne" für den Funkamateur und alle anderen Funkdienste. Diese Frage muß aber auch nicht eindeutig beantwortet werden. Wichtiger sind die Regeln, die man beim Bau einer Antenne (gleich welcher Art) zu beachten hat. So gilt als erstes die Binsenweisheit, daß sich die eindeutigste Anpassung nur an einer Einbandantenne oder aber an einer Antenne mit abstimmbarer Speiseleitung (Antennenabstimmgerät) erreichen läßt. Das gilt um so mehr für die Bedingungen, die der Amateur beim Bau seiner Sendeantenne vorfindet. Bei allen anderen Antennenformen, die sich dem Funkamateur infolge des Bedienungskomforts (Allbandantenne ohne Abstimmung) anbieten, muß, wie nachstehende Überlegungen zeigen, größte Vorsicht walten.
Für einen Dipol, wie er im Amateurfunkdienst in allen seinen Variationen verwendet wird, gelten bestimmte Parameter. Zu diesen gehört auch der Wert des Einspeisepunktes, der beim Halbwellendipol mit Mittenspeisung 71 Ω beträgt. Dieser Wert ändert sich aber erheblich, wenn andere Voraussetzungen nicht mehr erfüllt sind.

Die theoretischen Bedingungen sind nur dann gültig, wenn die Antenne im freien Raum hängt. Das bedeutet also, daß diese Antenne in entsprechender Höhe (etwa $\lambda/2$) bzw. frei von jeglicher Beeinflussung hängt. In der Praxis ist das besonders für den Funkamateur kaum zu realisieren. Einerseits lassen sich Antennenhöhen von mindestens 20 m nur in den seltensten Fällen ermöglichen, andererseits stören Bebauungen oder Bepflanzungen das freie Hängen der Antennenanlage. Hier bereits weicht die Praxis wesentlich von der Theorie ab. Das bedeutet also, die Werte, die rechnerisch für die Antenne gelten, sind in der Praxis nicht einzuhalten. Die Widerstandsgrößen der Antenne werden entsprechend verändert; das wirkt sich auf die Anpassung der Antenne aus. So zeigt sich, daß beim Dipol bzw. bei seinen Abwandlungen der übliche rechnerische Strahlungswiderstand von 71 bis 75 Ω in keinem Fall mehr stimmt. Hängt die Antenne also niedriger, dann ändert sich dieser Strahlungswiderstand entsprechend dem im beiliegenden Diagramm angegebenen Wert. Alle Kompromißstrahler, wie G 5 RV, W 3 DZZ, W 0 WO, Allband-Doublet, lassen sich vom Hertzschen Dipol ableiten; die rechnerisch ermittelten Widerstandswerte stimmen dann in keinem Fall mehr. Bei diesen Antennen kann es möglich sein, daß sich auf einem Band eine bessere Anpassung ergibt als rechnerisch ermittelt wurde, im anderen Falle aber eine Änderung und damit völlige Fehlanpassung des Strahlungswiderstandes, bezogen auf das jeweilige Band, vorhanden ist. Deshalb stellen diese Antennen häufig Quellen für TVI und BCI dar. Wie aus dem Diagramm in Bild 25 ersichtlich ist, fällt der Widerstandswert der Antenne bis auf 20 Ω oder noch niedriger ab. Da es aber keine Speiseleitung mit derart niedrigen Z-Werten gibt, dürfte es vorteilhaft sein, bei Einbandantennen einen Faltdipol mit 70 Ω zu speisen bzw. niederohmigere Speiseleitung zu benutzen. Verwendet man der Einfachheit halber das preiswerte Bandkabel, dann sei empfohlen, die Antenne als Doppelschleifendipol oder in Reusenform auszulegen. Das heißt, daß sich in der Praxis der rechnerisch ermittelte Widerstand passend zur Speiseleitung verringert. Die empfehlenswerte Einbandantenne für geringe Ansprüche ist also der

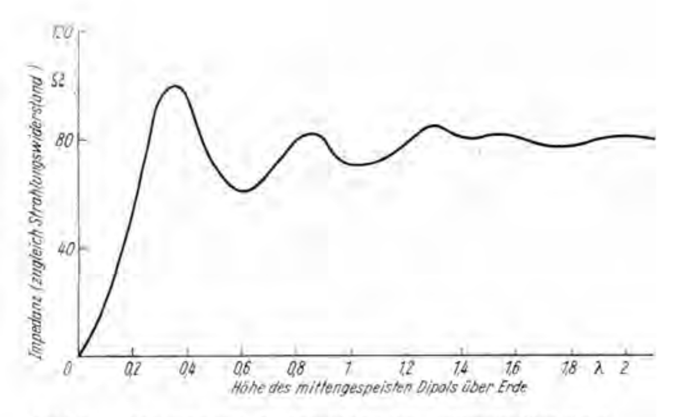


Bild 25. Abhängigkeit der Impedanz des Speisepunktes eines mittengespeisten Dipols

Doppelschleifendipol mit einer 240-Ω-Speiseleitung, wenn, und das dürfte wohl meistens der Fall sein, die Antenne nicht frei genug aufgehängt werden kann (z. B. im Dachboden oder an ähnlich ungünstiger Stelle). Diese Antenne wird immer besser und störungsfreier arbeiten als ein falsch angepaßter Dipol mit der rechnerisch ermittelten Speiseleitung. Noch ungünstiger liegen die Verhältnisse bei der Allband-Dublette oder ihrer Urform, der W 0 WO-Antenne, für die im folgenden Rechnungsbeispiel nachgewiesen werden soll, welche Fehlanpassungen auftreten können und somit die Ursachen für TVI sowie BCI zu finden sind.

Die Formel für die Berechnung des Fußpunktwiderstandes lautet:

$$R_e = (R_a - R_0) \cdot \left(1 - \cos \frac{360 \cdot b}{\lambda}\right) + R_0\,; \qquad (6)$$

R_e = Fußpunktwiderstand im Einspeisepunkt, R_0 = Fußpunktwiderstand im Strombauch,

R_a = Fußpunktwiderstand im Spannungsbauch,

b = Entfernung des Einspeisepunktes in Meter vom Strombauch.

Beispiel:
Ein Hertzscher Dipol hat einen Fußpunktwiderstand von 75 Ω (zwischen 71 bis 75 Ω). Im Mittelpunkt soll jetzt ein 300-Ω-Kabel zur Einspeisung verwendet werden. Dann errechnet sich der Einspeisepunkt nach der umgestellten Formel wie folgt:

$$\cos\left(\frac{360 \cdot b}{\lambda}\right)^0 = \frac{R_a - R_e}{R_a - R_0}\,; \qquad (7)$$

$$\cos = \left(\frac{360 \cdot b}{20}\right)^0 = \frac{2000 - 300}{2000 - 75}\,0{,}883$$

$$\cos\,(18 \cdot b)^0 = 0{,}883$$

$$(18 \cdot b)^0 = 28^\circ$$

$$b = \frac{28^\circ}{18^\circ}$$

$$b = 1{,}55\ \text{m}$$

Der Einspeisepunkt liegt also 1,55 m vom Strombauch, d. h. bei einer λ/2-Antenne vom Mittelpunkt, entfernt.*
Befindet sich die Antenne nicht λ/2 oder λ über dem Erdboden, oder wird die tatsächliche Höhe durch Bebauung, Bepflanzung o. ä. beeinträchtigt, so ändert sich die Impedanz der Antenne wie im Diagramm (Bild 23) angegeben.
Diesen Wert setzt man dann in die Formel ein. Zurückgerechnet heißt das

$$R_e = (R_a - R_0) \cdot \left(1 - \cos\frac{360 \cdot b}{\lambda}\right) + 75\ \text{usw.}$$

Die Kontrolle bei dieser Rechnung mit dem vorher errechneten Wert von 1,55 bei veränderten R_a und R_0 zeigt die auftretende Fehlanpassung.
Wir erkennen also die Wichtigkeit der sauberen Anpassung nicht nur für den Wirkungsgrad unseres Senders, sondern auch für seine Störfreiheit.
Für die Kontrolle der Antennenanpassung soll an dieser Stelle noch eine Antennenmeßbrücke beschrieben werden

* Der Einfachheit halber wurde λ = 20 m angenommen.

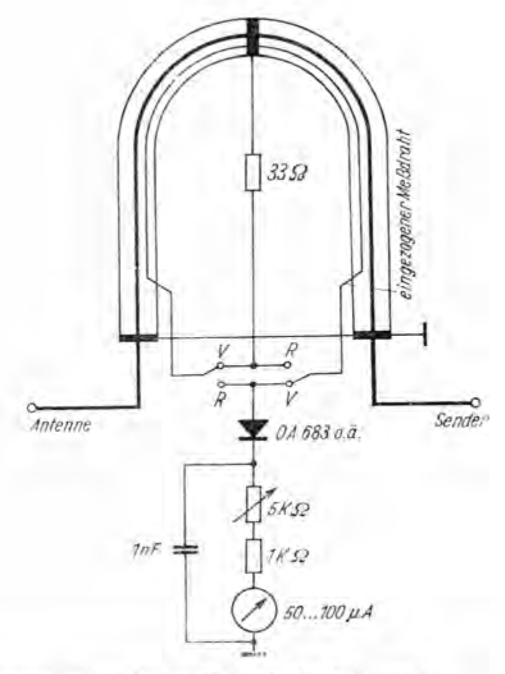


Bild 26. Antennenmeßbrücke zur Kontrolle der Anpassung

(Bild 26). Zur Anpassungsmessung von Antennen sind eine Reihe von Schaltungsanordnungen bekannt geworden, die fast ausschließlich das Stehwellenverhältnis auf der Speiseleitung der Antenne messen. Die in der Amateurfunktechnik gebräuchlichen Anordnungen stellen im allgemeinen einen günstigen Kompromiß zwischen vertretbarem Aufwand und erreichbarer Meßgenauigkeit dar. Die beschriebene Meßbrücke läßt sich bei geringem Aufwand mit etwas handwerklichem Geschick leicht herstellen. Das Kernstück des Meßgerätes ist eine Koaxialleitung, wobei sich vorzugsweise solche Kabeltypen eignen, deren Außenleiter nur lose über dem Dielektrikum liegt. Dieses Kabel schneidet man auf eine Länge von 355 mm. Dann wird die äußere Hülle entfernt

(Vorsicht: Außenleiter nicht beschädigen!). Der Außenleiter ist an jedem Ende 8 mm zu entfernen und zu verlöten. Danach wird die Isolierung (Dielektrikum) 3 mm an jedem Ende entfernt. Der schwierigste Teil besteht nun darin, den Meßdraht unter die Abschirmung zu ziehen. Die Ein- und Ausführung befindet sich jeweils 56 mm von beiden Enden entfernt (an der Abschirmung gemessen). Alle Teile legt man so fest, daß ein Verschieben unmöglich ist. Anschließend werden die Teile eingelötet (Kabelseele an die HF-Buchsen, Abschirmung an Masse-Buchsen). Im Betrieb ist bei Stellung V (vorwärts) mit dem 5-kΩ-Potentiometer Vollausschlag einzustellen.

Material:

40 cm HF-Kabel 56 Ω
Umschalter 2 × 2, keramisch
Instrument 50 μV
Diode OA 625 o. ä.
Widerstand 1 kΩ (Belastbarkeit nach Leistung)
Widerstand 33 kΩ (Belastbarkeit nach Leistung)
Potentiometer 5 kΩ
Kondensator 1 nF

7.1.4. Die Unterdrückung der Abstrahlung von Oberwellen

Trotz einiger bisher beschriebener Maßnahmen ist es immer noch möglich, daß unbeabsichtigt Frequenzen vom Sender an die Antenne gelangen. Im allgemeinen sind das Harmonische, die dabei mit abgestrahlt werden. Wie groß der Wert dieser Abstrahlung sein darf, wurde in vorangegangenen Abschnitten erläutert. Nun sollen die Möglichkeiten beschrieben werden, durch die sich diese Oberwellen unterdrücken lassen. Grundsätzlich dienen dazu Filteranordnungen, die oberhalb der höchsten Betriebsfrequenz des Senders eine Dämpfung von 40 dB aufweisen, d. h., diese Frequenzen werden um den Faktor 100 gedämpft. Da die Steilheit der Filterkurve sowie die Grenzfrequenz Durchlaßbereich/Sperrbereich im allgemeinen unkritisch sind, ergeben sich unkomplizierte Filter.

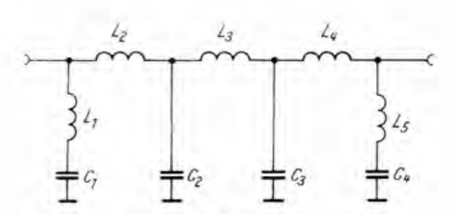


Bild 27 Schaltbild eines dreigliedrigen Tiefpaßfilters

Aus der Vielzahl der meist nur unwesentlich voneinander abweichenden Schaltungen sollen zwei Beispiele vorgestellt werden, deren Unterschied weniger elektrisch als mechanisch — hinsichtlich der verwendeten Bauelemente — ist.
Bild 27 zeigt ein dreigliedriges Filter, in dessen Ein- und Ausgang ein Serienkreis liegt. Bei der Grenzfrequenz von etwa 40 MHz beträgt die Dämpfung 60 dB, die nach den höheren Frequenzen hin weiter stark ansteigt.
Soweit das Filter nicht wie beim Verfasser als Baustein im geschlossenen Einschub des Antennenabstimmgerätes untergebracht ist, wird ein allseitig geschlossenes Eisenkästchen als Gehäuse empfohlen. Bei Verkupferung des Gehäuses erhöht sich die Qualität.
Es ist gleichgültig, ob man den Ein- und Ausgang mit Ko-

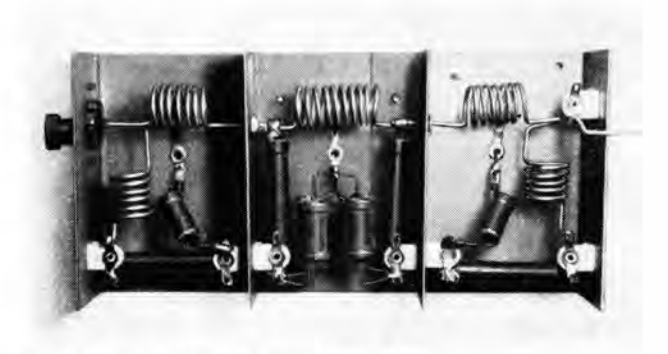


Bild 28. Aufbau des Filters nach Bild 25

axialbuchsen oder das Filter mit festen Kabelverbindungen versieht, jedoch muß der Übergangswiderstand niedrig und die Schirmung vollständig sein.

Den Aufbau zeigt Bild 28. Obwohl die Erfahrungen beim Verfasser zeigen, daß bei sachgemäßem Aufbau die angefertigten Filter auf „Anhieb spielten" (d. h. die Abweichungen in der Durchlaß- bzw. Sperrkurve lagen in vertretbaren Toleranzen), wird nachstehend noch eine Abgleichanweisung für das genannte Filter gegeben:

a) der Eingang I_1 wird kurzgeschlossen (dabei ist möglichst Kupferband von etwa 10 mm Breite zu benutzen);
b) die Spulen L_2 und L_4 werden entfernt;
c) mit Hilfe eines lose an L_1 angekoppelten Griddippers wird dieser Serienkreis auf f getrimmt (Zusammen- oder Auseinanderziehen von L_1);
d) das gleiche bei L_5 (I_2 kurzgeschlossen);
e) der aus L_3, C_2 und C_3 bestehende Kreis wird bei f_1 in Resonanz gebracht;
f) Spule L_3 ausbauen (Vorsicht! Form nicht verändern), L_2 und L_4 wieder einbauen. Den Kreis aus L_1-L_2-C_1-C_2 bei f_2 in Resonanz bringen (Kurzschluß bei I_1 bzw. I_2);
g) der Kreis, gebildet aus L_4, L_5, C_3 und C_4, bei f_2 abgleichen;
h) L_3 ist wieder einzulöten.

Bei den nun fertig abgeglichenen Kreisen ist mit dem Griddipper an jeder Spule ein Dip bei etwa 40 MHz festzustellen. Wie bereits ausgeführt, stimmten die beim Verfasser gebauten Ausführungen in verschiedenen Varianten ohne Abgleich. Die Grenzfrequenzen lagen dabei zwischen 37 und 42 MHz, also durchaus brauchbare Werte.

Noch vorteilhafter ist aber zweifellos ein oszillografischer Abgleich. Dabei lassen sich eventuelle „Löcher", die aus vielerlei Gründen (Material-, Isolations-, Aufbaufehler u. a.) auftreten können, erkennen.

Bild 29 zeigt als Beispiel die in Annäherung wiedergegebene Filterkurve eines Baumusters. Die erkennbare Dämpfungsspitze im Durchlaßbereich war so schmal und lag so günstig, daß keine Änderungen vorgenommen zu werden brauchten. Im anderen Falle wäre selbstverständlich ein Abgleich erforderlich

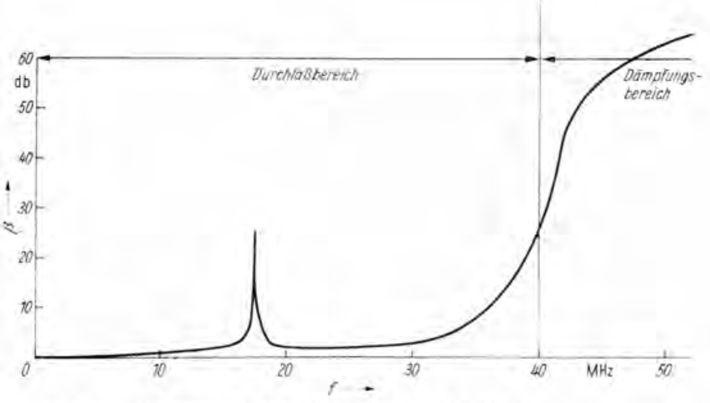


Bild 29. Gemessene Kurve des Filters nach Bild 25

gewesen. Derartige Fehler sind selbstverständlich nur bei Untersuchung der Kurve zu erkennen.

Nachstehend die technischen Daten:

Z	52	60	75	Ohm
f_c (Grenzfrequenz)	41	40	40	MHz
f	54	50	50	MHz
f_1	29	28,3	28,3	MHz
f_2	38	36,1	36,1	MHz
C_1 C_4	50	46	35	pF
C_2 C_3	160	145	110	pF
L_1 L_5	4	5,5	7,5	Wdg.
L_2 L_4	7	7	10	Wdg.
L_3	8	10	12,5	Wdg.

Draht: 2 mm Durchmesser, Cu versilbert, gewickelt über einen Dorn von 11 mm Durchmesser. Steigung: eine Normalspule hat 8 Wdg. auf 25 mm Länge.
C_1 und C_4: Keramische Kondensatoren 3 kV
C_2 und C_3: Rohrkondensatoren 700 V

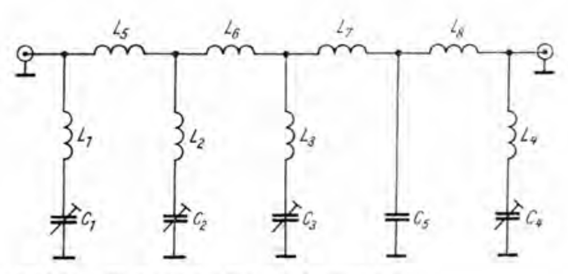


Bild 30. Tiefpaßfilter für Amateursender

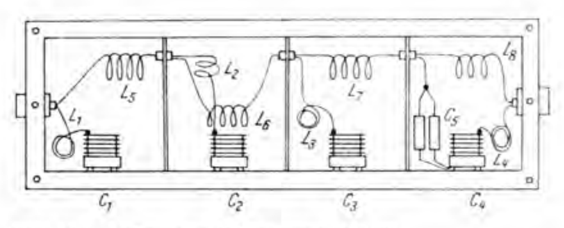


Bild 31. Aufbau des Filters nach Bild 30

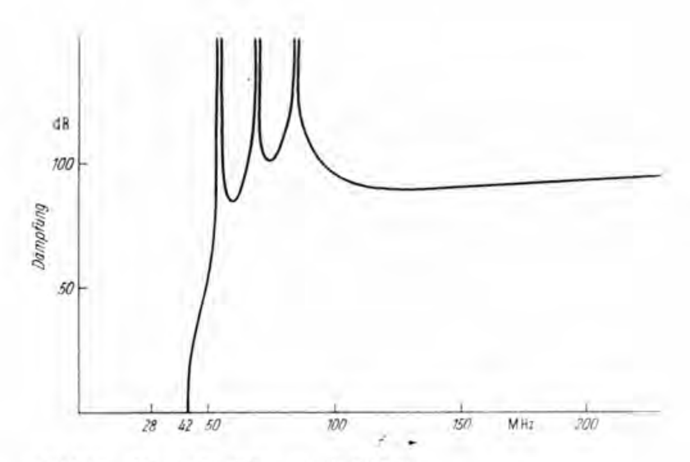


Bild 32. Kurve des Filters nach Bild 30

Bild 30 zeigt eine weitere Variante eines Tiefpaßfilters. Es handelt sich um ein viergliedriges Netzwerk, das aufbaumäßig insofern einige Vorteile aufweist, als für die Kondensatoren fast ausschließlich Lufttrimmer verwendet werden, die unter Umständen leichter zu beschaffen sind als die im ersten Beispiel erforderlichen HV-Kondensatoren.

Der Aufbau (Bild 31) wird entsprechend den Hinweisen beim ersten Beispiel vorgenommen.

Bild 32 stellt die für diese Schaltung von *R. C. Fosberg* W 1 TX ermittelte dar. Auch in diesem Falle zeigen sich Unendlichkeitsstellen, die vernachlässigt werden können.

Die Daten der Einzelheiten des angegebenen Filters sind:

C_1 C_4	42 pF
C_2	110 pF
C_3	120 pF
C_5	134 pF
L_1 L_4	0,2 μH ($4^1/_4$ Wdg.)
L_2	0,05 μH ($1^1/_4$ Wdg.)
L_3	0,03 μH ($^3/_4$ Wdg.)
L_5	0,26 μH ($5^1/_2$ Wdg.)
L_6	0,31 μH ($6^1/_2$ Wdg.)
L_7	0,35 μH ($7^1/_3$ Wdg.)
L_8	0,3 μH ($6^1/_3$ Wdg.)

12 mm Durchmesser, 8 W/25 mm, 2-mm-CuL

12 mm ⌀ – 8 Wdg. auf 25 mm Länge – 2 mm Kupferdraht, möglichst versilbert.

Bild 33 zeigt ein Tiefpaßfilter für Amateursender im Bereich 144 bis 146 MHz. Da der Aufbau dieses Filters eindeutig aus dem Schaltschema hervorgeht, sind nur die Daten angegeben:

C_1 und C_4	11 μF	(Luft- oder Keramiktrimmer)
C_2 C_3	38 pF	(Keramik- oder Lufttrimmer)
L_1 L_5	3 Wdg.	(6 mm lang, an jedem Ende 6 mm Anschlußdraht)
L_2 L_4	2 Wdg.	(3 mm lang, 25 mm Anschlußdraht an jedem Ende)

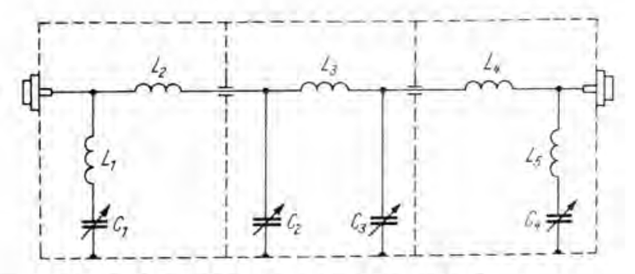


Bild 33. Tiefpaß für Amateursender im 2-m-Band

L_3 5 Wdg. (10 mm lang, 15 mm Anschlußdraht an jedem Ende)

Sämtliche Spulen 7 mm Durchmesser.

7.2. Minderung und Beseitigung von Funkstörungen

In den vergangenen Abschnitten wurden Maßnahmen beschrieben, um die Störungsursachen auf ein Mindestmaß zu beschränken. Nun sollen solche Möglichkeiten erläutert werden, durch die sich noch vorhandene Störungen beseitigen bzw. auf ein tragbares Mindestmaß herabsetzen lassen. Diese Maßnahmen beziehen sich ausnahmslos auf die gestörte Anlage, also Hör- und Fernsehrundfunk-Empfangsanlagen sowie auf Niederfrequenzanlagen, die ebenfalls gestört werden können.

7.2.1. Entstörung von Hörrundfunk-Empfangsanlagen

Maßnahmen zur Entstörung der Hörrundfunk-Empfangsanlage wurden bereits im Abschnitt 4.2.2. beschrieben. Diese sind in fast allen Fällen ausreichend. Auftretende Demodulationserscheinungen im NF-Teil durch hohe Feldstärken von Amateursendestationen wurden kaum beachtet. In solchen Fällen gelten die noch folgenden Hinweise bei Fernsehempfängern und NF-Anlagen. Oft findet man bei Rundfunkempfän-

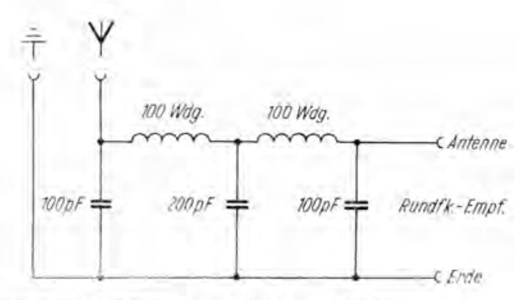


Bild 34. Störschutzfilter für Hörrundfunkempfänger

gern eine „zu gute" Antenne vor. Soweit das in größerer Entfernung vom Sender, insbesondere im Mittelwellenbereich, notwendig ist, werden (wo dadurch Störeinstrahlungen erfolgten) einige Untersuchungen zur Störbeseitigung erforderlich sein. Schwierigkeiten sind aber auch hier nicht zu erwarten. Ein Filter gegen Störeinstrahlung über die Antenne zeigt Bild 34.

7.2.2. Entstörung von Fernsehrundfunk-Empfangsanlagen

Neben den Entstörmitteln, wie sie in Abschnitt 4.2. ff. schon beschrieben wurden, haben sich einige weitere Anordnungen bewährt.

Bild 35 zeigt ein vom Verfasser mehrfach gebautes Filter, das ohne Beanstandungen auf „Anhieb" die gewünschte Wir-

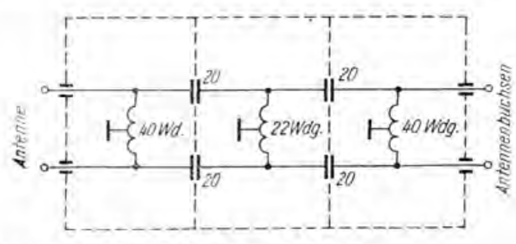


Bild 35. Hochpaßfilter für TV-Empfänger (300 Ω)

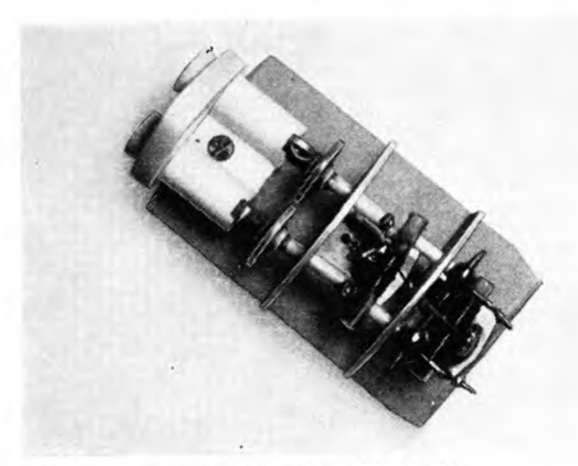
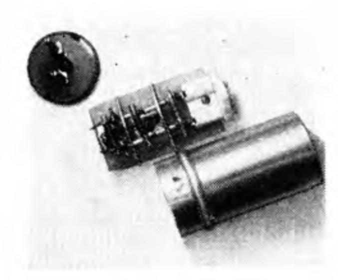
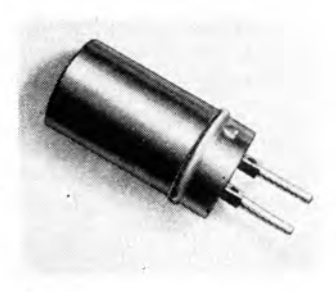


Bild 36. a) Hochpaßfilter nach Bild 35, Aufbau



b) Hochpaßfilter nach Bild 35, Einzelteile



c) Hochpaßfilter nach Bild 35, im Gehäuse

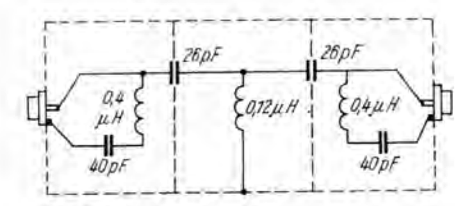


Bild 37. Hochpaßfilter für TV-Empfänger (70 Ω)

kung aufwies. Die Spulen sind auf Plaströhrchen von etwa 4 mm Durchmesser gewickelt (es wurden dazu Plasttrinkhalme benutzt). Der Träger der Bauteile ist Superpertinax oder Polystyrol. Die Abschirmwände bestehen aus 1-mm-Alublech. Die Vorderwand bildet eine Kunststoffscheibe, die auch die Stecker trägt. Die gesamte Anordnung ist in einem Bandfilterbecher untergebracht, der nur noch die Öffnungen für die 300-Ω-Buchse erhält. Einzelheiten zeigen die Bilder 36 a bis c. Obwohl fast alle Fernsehempfänger 300-Ω- bzw. 240-Ω-Eingänge haben, gibt Bild 37 noch ein Hochpaßfilter für 70 Ω wieder, das sinngemäß aufgebaut ist.
Wenn die Störung nur durch eine bestimmte Frequenz verursacht wird, läßt sich eine Entstörung auch durch einen Absorptionskreis erreichen. Den Absorptionskreis stellt man durch eine Stichleitung parallel zu den Antenneneingängen des Fernsehempfängers her, er hat die elektrische Abmessung $\lambda/4$. Da diese Anordnung für Kurzwellen oft umfangreich wird, wendet man sie selten an. Man benutzt sie allerdings bei

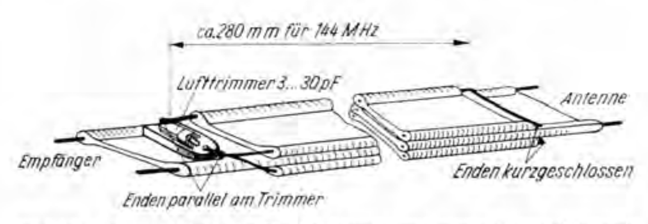


Bild 38. Absorptionskreis für TV-Empfänger gegen Einstrahlungen durch 2-m-Sender

Störungen durch UKW-Amateursender. Eine erweiterte Anordnung für die Entstörung durch 2-m-Sender zeigt Bild 38. Sie ist für übliche 240-Ω- bzw. 300-Ω-Antenneneingänge der Fernsehempfänger ausgelegt und wird wie alle Filter unmittelbar am Antenneneingang angeschaltet. Es läßt sich bei einer entsprechenden Länge für a auch noch gegen Störungen durch 10-m-Betrieb auslegen.
Obwohl im allgemeinen die Bildstörungen bei durch Hochfrequenzsender gestörten Fernsehempfängern vorherrschend sind — vielleicht auch nur deshalb, weil sie vom Betrachter störender als Tonstörungen empfunden werden —, kommen gelegentlich Störungen im Tonteil des Fernsehempfängers vor. Dabei wird die vom Amateursender amplitudenmodulierte Sprache mit relativ großer Lautstärke wiedergegeben und dem Fernsehton überlagert. Mit Verblüffung stellt der Fernsehteilnehmer fest, daß sich der Fernsehton zwar mit dem Lautstärkeregler zurückdrehen läßt, die Störmodulation bleibt aber unvermindert. Es handelt sich dabei fast immer um die direkte Einstrahlung der Hochfrequenz in das Fernsehgerät bzw. auf die Antenne. An der ersten Niederfrequenzröhre des Fernsehempfängers (meist eine PABC 80 mit hohem Gitterableitwiderstand) tritt Audiongleichrichtung auf. Die Lautstärke der Störmodulation ist fast unabhängig von der Stellung des Lautstärkereglers. Dabei hilft nur ein Eingriff in den Fernsehempfänger. Der Eingriff ist geringfügig, aber je nach Gerätekonstruktion unterschiedlich.
Oft führt die Einfügung einer RC-Kombination nach Bild 39 schon zu vollem Erfolg. Sollte dieser ausbleiben, sind die Massepunkte im NF-Teil zu überprüfen und die Gitterleitungen entsprechend abzuschirmen.

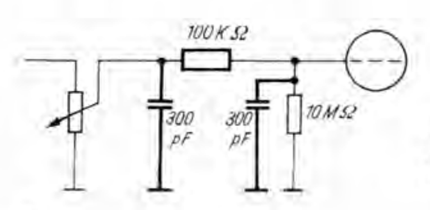
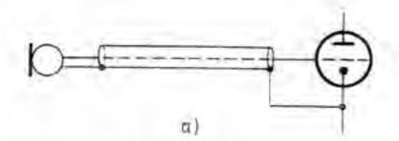


Bild 39
RC-Kombination vor der ersten NF-Röhre des TV-Empfängers

Als Sonderfall gilt — besonders dann, wenn eine bestimmte Störfrequenz demoduliert wird —, daß ein Saugkreis vom Gitter der NF-Röhre an Masse gelegt werden muß.
Die Schwierigkeiten bei diesen Maßnahmen liegen weniger auf technischem Gebiet als daran, daß es nicht leicht ist, den Besitzer des Fernsehgerätes von der Notwendigkeit dieser Maßnahme zu überzeugen. Besteht er darauf, daß der Eingriff von einer anerkannten Vertragswerkstatt ausgeführt wird, so bleibt die Frage der Kosten immer noch offen. Es sollte jedoch immer gütliche Einigung herbeigeführt werden.
Wie die Erfahrungen zeigen, treten Störungen durch ausgestrahlte Hochfrequenz nicht nur bei Hochfrequenz-Empfangsanlagen auf, sondern auch bei Geräten der Niederfrequenztechnik. Neben reinen Verstärkeranlagen sind es besonders Magnetbandgeräte, die in unmittelbarer Nachbarschaft eines Hochfrequenzerzeugers von diesem gestört werden. Diese Störanfälligkeit allerdings ist nur bei Heim-Magnetbandgeräten vorhanden. Für Studiozwecke entwickelte Geräte weisen hinsichtlich Störfestigkeit gegenüber eingestrahlter Hochfrequenz einen erheblichen Aufwand auf.
Die auftretenden Störungen zeigen sich im allgemeinen als Brummodulation. In besonderen Fällen sind auch in der mit starken Verzerrungen verbundenen Wiedergabe der Modulation des HF-Senders starke Tastclicks festzustellen, die am Sender verursacht werden. Die Ursache liegt in der auftretenden Übersteuerung der Eingangsstufe des Aufnahmeverstärkers. Bei den meist noch vorhandenen Röhrenverstärkern wirkt die Gitter-Katoden-Strecke als Diode, so daß Gitterstrom fließen kann, der eine Aufladung des Gitterkondensators bewirkt. Die entstehende Gittervorspannung — mit der sich aus R und C ergebenden Zeitkonstante — schwankt im Rhythmus der Niederfrequenz des einstrahlenden HF-Störträgers. Damit ergibt sich eine Gleichrichtung (Demodulation), die einer Audiongleichrichtung entspricht. In diesem Falle hilft nur eine Verbesserung der Störfestigkeit des Magnetbandgerätes. In der Regel läßt sich dadurch Abhilfe schaffen, daß die Eingangsstufe eine verbesserte Schirmung erhält. Gegebenenfalls sind Mikrofonkabel und Mikrofon in diese verbesserte



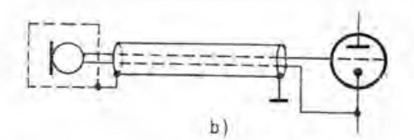


Bild 40
a) übliche Anschaltung des Mikrofons
b) verbesserte Anschaltung des Mikrofons

Schirmung einzubeziehen. Wie die letztgenannte Verbesserung durchzuführen ist, zeigt Bild 40 b.
Wenn diese Maßnahmen noch nicht ausreichen, dann muß durch zusätzliche Siebmittel im Eingang des Verstärkers Abhilfe geschaffen werden. Hierbei ist aber mit Rücksicht auf den Frequenzgang des Verstärkers Vorsicht geboten! Da der Eingangswiderstand einen sehr hohen Wert hat, muß man von der sogenannten Quer-Entstörung mit Kondensatoren (Bild 41) absehen. Statt dessen ist eine Längs-Entstörung mit Hilfe einer HF-Drossel (Bild 42) vorzunehmen. Dabei muß unbedingt die Frequenz der störenden HF-Spannung ermittelt werden. Bei Frequenzen über etwa 10 MHz benutzt man HF-Eisenkernspulen, die für Niederfrequenz einen kleinen und für Hochfrequenz einen großen Scheinwiderstand aufweisen. Für Frequenzen unterhalb 10 MHz werden Luftdrosseln verwendet, deren gestreckte Drahtlänge $\lambda/4$ betragen soll.
Es ist zu beachten, daß die Störempfindlichkeit von Niederfrequenzverstärkern, also auch von Aufnahme- und Wiedergabeverstärkern bei Magnetbandgeräten, außerordentlich

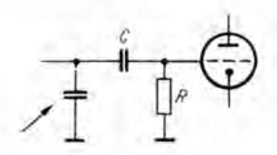


Bild 41
Quer-Entstörun

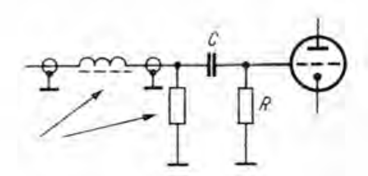


Bild 42
Längs-Entstörung

von der Frequenz abhängt. Die wirksame Entstörung erfordert eine genaue Analyse der Störfrequenz.

Abschließend sei noch darauf hingewiesen, daß bei bestimmten Längen der Mikrofon- oder Netzkabel Resonanzerscheinungen auftreten können, die ebenfalls unangenehme Störungen hervorrufen. Das gilt auch für den Modulationsverstärker des Amateursenders, der trotz seiner Abschirmung hochfrequenzempfindlich ist. Eine Veränderung der Länge des Mikrofonkabels bringt dann verblüffenden Erfolg.

Die Möglichkeiten der Entstörung sind damit bei weitem nicht erschöpft. Es ließen sich noch viele Varianten, insbesondere gerätebedingte, beschreiben, für die aber der Platz dieses Heftes nicht ausreicht.

8. Anhang

Die in der Funk-Entstörung vorkommenden Begriffe und Begriffsbestimmungen

DDR-Standard vom Juli 1965
TGL 20 885/Gruppe 364 (verbindlich ab 1. 4. 1966)

Bei den aufgeführten Begriffen kann das Wort „Funk" entfallen, wenn der betreffende Begriff im Zusammenhang auch ohne dieses Wort im beabsichtigten Sinn verstanden wird.

Lfd. Nr.	Benennung	Erklärung
1	Funk-Entstörung	Eine erkennbare Beeinträchtigung des Funkempfanges durch hochfrequente elektromagnetische Schwingungen.
2	Funkstörende Erzeugnisse, Funkstörquellen	Geräte, Anlagen, Einrichtungen oder Teile davon, die hochfrequente elektromagnetische Schwingungen erzeugen, welche nicht als Träger einer Nachricht bestimmt sind.
3	Funk-Entstörung	Jede einzelne Maßnahme sowie die Gesamtheit aller Maßnahmen zur Verhütung, Verminderung oder Beseitigung von Funkstörungen.
4	Funk-Vorentstörung	Bei der Herstellung funkstörender Erzeugnisse zur Verhütung oder Verminderung von Funkstörungen getroffene Maßnahmen.

Lfd. Nr.	Benennung	Erklärung
Zuständiger Fachbereich: 201, Elektrotechnische Hauptkennwerte		
Bestätigt: 12. 7. 65, Amt für Standardisierung, Berlin		
5	Funkstörschwingung	Von einer Störquelle ausgehende hochfrequente elektromagnetische Schwingung, die nicht als Träger einer Nachricht bestimmt ist.
6	Industrielle, wissenschaftliche, medizinische Hochfrequenzanlage	Erzeugnis, welches zur Erzeugung oder Verwendung hochfrequenter elektromagnetischer Schwingungen, jedoch nicht zur Nachrichtenübermittlung bestimmt ist.
7	Funkstörmeßgerät	Gerät zum Messen von Funkstörschwingungen.
8	Funkstörspannung	Die Spannung einer Funkstörschwingung, die von einem Funkstörmeßgerät angezeigt wird. Wird der Begriff Funkstörspannung ohne weiteren Hinweis verwendet, so ist hierfür der Quasispitzenwert nach TGL 20 885, Bl. 2, zu verstehen.
9	Funkstörfeldstärke	Die Feldstärke einer Funkstörschwingung, die von einem Funkstörmeßgerät angezeigt wird. Wird der Begriff Funkstörfeldstärke ohne weiteren Hinweis verwendet, so ist hierunter der Quasispitzenwert nach TGL 20 885, Bl. 2, zu verstehen.

Lfd. Nr.	Benennung	Erklärung
10	Quasispitzenwert einer Funkstörschwingung	Die bewertete Funkstörspannung oder Funkstörfeldstärke, die von einem Funkstörmeßgerät angezeigt wird.
11	Kurz-Funkstörung	Eine Funkstörung, deren Dauer, gemessen nach TGL 20 885, Bl. 3, kleiner als 2 Sekunden ist.
12	Dauer-Funkstörung	Eine Funkstörung, deren Dauer, gemessen nach TGL 20 885, Bl. 3, größer als 2 Sekunden ist.

Hinweise

Ersatz für „Vorschriften und Leitsätze der Funkstörmeßtechnik und Entstörbestimmungen für die Herstellung funkstörender Erzeugnisse", herausgegeben vom Ministerium für Post- und Fernmeldewesen, Bereich Rundfunk und Fernsehen, Ausgabe 59.

Änderungen gegenüber diesen Vorschriften und Leitsätzen: Vollständig überarbeitet und erweitert.

Entstanden unter Berücksichtigung der Anordnung über die Entstörungspflicht funkstörender Erzeugnisse — Funk-Entstörungsordnung — vom 3. April 1959 (GBl. I, Seite 489). Sicherheitsbestimmungen für die Anwendung von Funk-Entstörelementen (siehe TGL 20 886).

Fachbereich Standardantennen — Begriffe (TGL 200/7051)

1.* Allgemeines

1.1. Antenne

Technische Einrichtung zur gewollten Abstrahlung bzw. Aufnahme elektromagnetischer Wellen

1.2. Antennenanlage
Gesamtheit aus einer Antenne (oder mehreren Antennen) und den zum Betrieb und zur Instandhaltung notwendigen Einrichtungen. Sie beginnt am Senderausgang bzw. am Empfängereingang.

1.3. Antennenzubehör
Teile der Antennenanlage, die keine Funktionen nach Punkt 1.1. erfüllen.

2. Leistungsgrößen

2.1. Strahlungsleistung (P_s)
Gesamte von der Antenne abgestrahlte Leistung.

2.2. Äquivalente Strahlungsleistung ($P_{äqu}$)
Leistung, die einem verlustlosen Bezugsstrahler zugeführt werden muß, damit er in der Hauptstrahlrichtung die gleiche Strahlungsdichte liefert wie die Antenne in einer gewünschten Richtung.

2.3. Zugeführte Leistung (P_0)
Leistung, die am Antenneneingang in die Antenne eintritt, d. h. die auf einer verlustfrei angenommenen an die Antenne angepaßte Speiseleitung zur Antenne transportierte Leistung.

2.4. Empfangsleistung einer Antenne (P_e)
Von einer Antenne aus dem Strahlungsfeld aufgenommene und an einem an die Antenne angepaßten Ausgang abgegebene Leistung.

2.5. Maximale Empfangsleistung einer Antenne ($P_{e\,max}$)
Empfangsleistung (3.4.) bei optimaler Einfallrichtung und Polarisation der einfallenden Welle.

2.6. Nutzbare Empfangsleistung (P_n)
Die unter praktischen Bedingungen an einen Verbraucher abgegebene Empfangsleistung.

2.7. Verlustleistung (P_v)
Die an der Antenne oder deren Nahfeld in Wärme umgesetzte Leistung.

2.8. Antennenwirkungsgrad
Verhältnis der Strahlungsleistung zur zugeführten Leistung.

3. Widerstands- und Anpaßgrößen

3.1. Strahlungswiderstand (R_s)
Der auf den Strom in einem bestimmten Antennenpunkt (z. B. Strommaximum) bezogene Strahlungswiderstand ist gleich der Strahlungsleistung, dividiert durch das Quadrat des effektiven Antennenstromes im Bezugspunkt.

3.2. Antennenwiderstand ($\mathfrak{Z} = R + i^{x}$)
Der auf eine bestimmte Stelle der Antenne bezogene Scheinwiderstand.

3.3. Antenneneingangswiderstand ($\mathfrak{Z}e = R_e + i^{x}e$)
Scheinwiderstand am Antennenanschluß.

3.4. Verlustwiderstand (R_v)
Der nicht zur Strahlung beitragende auf eine bestimmte Stelle bezogene Ohmsche Widerstand der Antenne.

3.5. Reflexionsfaktor einer Antenne bezüglich einer Speiseleitung ($\mathfrak{r}$)
Verhältnis der komplexen elektrischen Querfeldstärke (oder Spannung) der rücklaufenden Welle zu der der hinlaufenden Welle auf der Speiseleitung, bezogen auf die Anschlußstelle der im Sendebetrieb arbeitenden Antenne (Antenneneingang).

3.6. Welligkeitsfaktor auf der Speiseleitung der Antenne Abgekürzt Welligkeit (s)
Verhältnis von maximalem zu minimalem Betrag der elektrischen Feldstärke (oder Spannung) auf der Antennenspeiseleitung.

3.7. Anpassungsfaktor (m)
Reziproker Wert des Wellenverhältnisses.

4. Gewinngrößen

4.1. Kugelstrahler, isotroper Strahler
Fiktive Antenne, deren Strahlungsintensität unabhängig von der Abstrahlrichtung ist.

4.2. Gewinn (G)
Strahlungsintensität einer Antenne in einer vorgeschriebenen Richtung, dividiert durch die Strahlungsintensität einer Vergleichsantenne (Bezugsstrahler) in einer festen Richtung, der die gleiche Leistung zugeführt wird.

Anmerkungen

a) Als Bezugsstrahler sind vorzugsweise der Kugelstrahler

und der Halbwellendipol zugrunde zu legen, wobei beide Strahler als verlustfrei angenommen werden. Der Elementardipol (Hertzscher Dipol) ist möglichst nicht zu verwenden. Die Gewinndefinition ist jedoch auch auf andere Bezugsstrahler, die ebenfalls verlustbehaftet sein können, anwendbar. Wenn es sich als notwendig erweist, so wird der Gewinn einer Antenne in bezug auf den Kugelstrahler mit G_0 und der Gewinn in bezug auf den Halbwellendipol mit G_D bezeichnet. Für die Umrechnung ist folgende Beziehung zugrunde zu legen:

$$G_0 = 1{,}64\ G_D\ .$$

Für den Gewinn in bezug auf den Hertzschen Dipol (G_{hz}) und G_0 gilt die Beziehung $G_0 = 1{,}5\ G_{hz}$.

b) Unter dem Gewinn einer Antenne schlechthin, d. h. ohne Angabe einer Abstrahleinrichtung, ist der Gewinn in Hauptstrahlrichtung zu verstehen.

4.3. Strahlungsgewinn (G_{str} · G)

Strahlungsintensität einer Antenne in einer vorgeschriebenen Richtung, dividiert durch die Strahlungsintensität eines Bezugsstrahlers in einer festen Richtung, der die gleiche Leistung abstrahlt.

Anmerkungen

a) Als Bezugsstrahler wird vorzugsweise der Kugelstrahler zugrunde gelegt. In diesem Falle ist der Strahlungsgewinn gleich der Strahlungsintensität in einer vorgeschriebenen Richtung, dividiert durch den Mittelwert der Strahlungsintensität im gesamten Raumwinkelbereich.

b) Der Strahlungsgewinn einer Antenne in Hauptstrahlrichtung, bezogen auf den Kugelstrahler, wird auch als Richtfaktor bezeichnet. Die Bezeichnung Strahlungsgewinn ist jedoch vorzuziehen.

Begriffe, die der Abgrenzung der Funk-Entstörungstechnik innerhalb der HF-Technik dienen

1. Funkdienst
   Unter Funkdienst ist jeder Fernmeldeverkehr mit Hilfe von Hertzschen Wellen zu verstehen. Fernmeldeverkehr ist jede Übermittlung, Aussendung oder jeder Empfang von Zeichen, Signalen oder Schriftzeichen, Bildern, Tönen oder Nachrichten jeder Art über Draht, Funk, andere elektromagnetische oder optische Systeme.

2. Funkstörungsursache
   Die Funkstörungsursache ist der physikalische Anlaß zur Entstehung der den Funkempfang störenden elektromagnetischen gedämpften oder ungedämpften Schwingungen.

3. Hochfrequenzerzeugung beabsichtigt
   Die beabsichtigte HF-Erzeugung erfolgt mittels HF-Generatoren, in denen gedämpfte elektromagnetische Schwingungen im Bereich von 10 kHz bis 3 000 000 MHz im Kontakt oder Funkenstreckenanordnungen und ungedämpfte elektromagnetische Schwingungen o. ä. entstehen, und zwar für
   a) Sendezwecke,
   b) Überlagerungszwecke (z. B. in Oszillatoren der Empfänger ggf. Sender),
   c) Heil- oder kosmetische Zwecke,
   d) Zwecke der induktiven oder kapazitiven Erwärmung (Hochfrequenzöfen, HF-Schweißpressen).

4. Hochfrequenzerzeugung unbeabsichtigt
   Die unbeabsichtigte Hochfrequenzerzeugung wird hervorgerufen durch physikalische Ausgleichvorgänge in der Natur sowie durch elektrisch oder mechanisch bewegte Teile von Maschinen, Geräten oder Anlagen (außerdem für die beabsichtigte HF-Erzeugung bestimmten Kontakt- oder Funkenstreckenanordnung), die neben ihrer eigentlichen Aufgabe infolge Funkenbildung breite Frequenzspektren erzeugen, z. B. luftelektrische Entladungen, elek-

trische Kontakte, Zündkerzen in Ottomotoren und dergleichen.

5. Hochfrequenzgeräte
   Hochfrequenzgeräte sind
   a) Geräte oder Einrichtungen zur Erzeugung von HF-Energie, für wissenschaftliche, Maß-, Unterrichts- oder ähnliche Zwecke;
   b) elektromedizinische oder elektrokosmetische Geräte zur Behandlung des menschlichen oder tierischen Körpers, z. B. Diathermie, Ultraschall-Kurzwellentherapie und dergl.;
   c) HF-Geräte für industrielle und gewerbliche Zwecke;
   d) Geräte oder Einrichtungen, die unbeabsichtigt als Nebenwirkung Hochfrequenzschwingungen erzeugen, wie Elektrogeneratoren oder Motoren, elektrische Umformer, Gleichrichter, elektrisch betriebene Haushaltgeräte o. ä. Einrichtungen.

Die bei der Entstehung bei der Übertragung von Funkstörungen beteiligten Größen

1. Entkopplungsfaktor
   Der Entkopplungsfaktor K_e ist das Verhältnis von Funkstörspannung zur Empfangsstörspannung an der belasteten Antenne, die von ein und derselben Störquelle erzeugt wird.
2. Feldstärke, elektrische
   Die elektrische Feldstärke wird bestimmt durch den Potentialunterschied zwischen zwei durch Punkte gleichen potentialgezeichneten Flächen in der praktischen Einheit V/cm. In der Fernzone (Radius $> 4\ \lambda$) ist der Feldvektor $\mathfrak{E}$ mit dem Feldvektor $\mathfrak{H}$ in A/cm der magnetischen Feldstärke durch den Wellenwiderstand $Z_0 = 120\ \pi$ in Ohm des leeren Raumes verknüpft.
3. Feldstärke, magnetische
   Die magnetische Feldstärke $\mathfrak{H}$ wird als praktische Einheit in A/cm gemessen. In der Fernzone (Radius $> 4\ \lambda$) ist der

Feldvektor 𝔈 mit dem Feldvektor π in V/cm der elektrischen Feldstärke durch den Wellenwiderstand $Z_0 = 120\ \pi$ in Ohm des leeren Raumes verknüpft.

4. Funkstörspannung

Die Funkstörspannung U_f ist die Spannung gegen Erde, die eine Funkstörquelle und die von ihr ausgehenden Leitungen ausdrückt. Im Frequenzbereich von 150 bis 20 000 kHz gilt die mit dem Störspannungsmeßgerät gemessene Spannung als Funkstörspannung. Die Funkstörspannung wird gleichgesetzt mit dem Effektivwert einer am Eingang des Störspannungsmeßgerätes angelegten sinusfömigen HF-Spannung, die denselben Ausschlag ergibt wie die von dem Störspannungsmeßgerät im Frequenzband für den Hörempfang begrenzte und in bestimmter Weise bewertete HF-Spannung, die in einer Funkstörquelle erzeugt wird; Funkstörspannungen auf Leitungen werden mit U_L bezeichnet.

5. Funkstörweite

Die Funkstörweite ist die zwischen dem strahlenden Teil der Funkstörweite und der Antenne der Meßeinrichtung gemessene Entfernung in Meter, bei der in dem Geräuschwertanzeiger oder Fernhörer, die an dem Meßgerät angeschlossen sind, gerade keine Störung mehr festgestellt wird.

6. Hochfrequenzscheinwiderstand

Der Hochfrequenzscheinwiderstand ist der Betrag des frequenzabhängigen Widerstandes eines elektrischen Systems, dessen Richtung (Phasenwinkel) in der Gaußschen Zahlenebene durch seinen kapazitiven, induktiven oder reellen Charakter bestimmt wird.

7. Hörempfangsstörspannung

Die Hörempfangsstörspannung U_{AS} ist die am Ausgang einer Betriebsantenne unter Abschluß der Empfängernachbildung bzw. am Eingang eines angeschlossenen Funkempfängers vorhandene Störspannung, die wie die Funkstörspannung U_f im Störspannungsmeßgerät hinsichtlich der Störspannungsbandbreite für den Hörempfang begrenzt und in bestimmter Weise bewertet wird.

Sie soll auf der Frequenz, bei der die Nutzspannung gemessen wird, oder in deren unmittelbarer Nähe gemessen werden und wird in μV angegeben.

8. Innerer Widerstand einer Funkstörquelle

   Der innere Widerstand $\mathfrak{R}_i$ einer Funkstörquelle ist eine gerichtete, meistens eine frequenzabhängige Größe, die neben der Urspannung (EMK) jeden Hochfrequenzgenerator kennzeichnet.

9. Kennwiderstand eines Gerätes

   Das Verhältnis der komplexen Wechselspannung zum komplexen Wechselstrom an den Eingangsklemmen eines Vierpoles wird als Kennwiderstand eines Vierpols bezeichnet. Er ist wie die komplexe Wechselspannung und der komplexe Wechselstrom eine gerichtete Größe.

10. Klirrfaktor

    Der Klirrfaktor ist ein Maß für die nichtlinearen Verzerrungen und errechnet sich aus dem Verhältnis der geometrischen Summe der Oberwellenamplituden zur geometrischen Summe der Grundwellen- und Oberwellenamplituden am Empfängerausgang.

11. Nutzfeldstärke

    Die Nutzfeldstärke ist die im Strahlungsfeld eines Nachrichtensenders (Übergangs- und Fernfeld-Mindestentfernung zwischen Sender und Feldstärkemeßgerät) ($> 0{,}16\ \lambda$) am Empfangsort vorhandene Signalstärke (z. B. in μV/m), die in einer geeichten Meßantenne eine Nutzspannung (z. B. in μV) induziert. Diese wird auf die wirksame Antennenhöhe h von einem Meter bezogen. Somit wird die Nutzfeldstärke ausgedrückt in

$$|\mathfrak{E}| = \frac{\mathfrak{U}_n}{h_w}; \qquad (8)$$

$$\mathfrak{E} \text{ in } \frac{\mu V}{m}, \ \mathfrak{U}_n \text{ in } \mu V, \ h_w \text{ in m}.$$

Der Betrag der Nutzfeldstärke ist mit geeichten Feldstärkemeßgeräten zu messen oder aus Feldstärkekurven zu entnehmen.

12. Nutzspannung

Die Nutzspannung U_n ist eine am Ausgang einer Betriebsantenne unter Abschluß mit der Empfängernachbildung bzw. am Eingang des angeschlossenen Funkempfängers vorhandene Spannung im Frequenzband eines Funksenders. Ihr Betrag wird je nach Größe in μV bzw. in mV angegeben.

13. Rauschleistung

Die Rauschleistung ergibt sich aus der die Rauschspannung U_{ra} in Volt kennzeichnenden Beziehung. Wobei R_{ra} in Ohm als Rauschgenerator angenommen ist, der mit einem Widerstand gleicher Größe abgeschlossen ist und selbst nicht zum Rauschen beiträgt.

$$P_{ra} = \frac{\left(\frac{U_{ra}}{2}\right)^2}{R_{ra}} = KT\,\Delta f\,; \qquad (9)$$

P_{ra} in W.

14. Rauschspannung

Die Rauschspannung U_{ra} ergibt sich aus der Rauschleistung und ist abhängig von dem Widerstand R_{ra} in Ohm, über welchen die Rauschspannung auftritt (bei Röhren über den äquivalenten Rauschwiderstand), von der Temperatur T des Widerstandes in Grad Kelvin, von der betrachteten Bandbreite Δf in Hertz und von der Konstante $K = 1{,}37 \cdot 10^{-23}$ Ws je Grad. Die Abhängigkeit der Größen ist in folgender Formel niedergelegt:

$$U_{ra} = \sqrt{4\,KTR_{ra}\,\Delta f}\,; \qquad (10)$$

U_{ra} in V, R_{ra} in kΩ :

$$U_{ra} = 0{,}13\sqrt{R_m\,\Delta f}\,; \qquad (11)$$

U_{ra} in μV, Δf in kHz .

15. Reststörspannung

Die Reststörspannung U_R ist die an den Klemmen der Funkstörquelle gemessene Funkstörspannung nach der Funkentstörung.

16. Schirmdämpfung
Unter Schirmdämpfung versteht man das logarithmische Dämpfungsverhältnis des ungedämpften Störfeldes zum gedämpften Störfeld.
17. Störabstand
Der Störabstand (Empfangsgüte) kennzeichnet an der mit der am Empfängerwiderstand belasteten Antenne den mit dem Betrag der Nutzspannung und der Empfangsstörspannung bestehenden Abstand. Er wird in dB angegeben.
18. Störfeldstärke
Die Störfeldstärke ist die in einem Strahlungsfeld einer Funkstörquelle am Empfangsort vorhandene Störfeldstärke, die an einer geeichten Meßantenne eine Störspannung induziert, deren Maximalamplituden mit Hilfe einer entsprechenden Meßanordnung entweder nur auf dem Schirm einer Katodenstrahlröhre durch Amplitudenvergleich mit einem definierten, in der Meßeinrichtung erzeugten Impuls oder an einem Spitzenwertmesser mit bestimmten Zeitkonstanten abgelesen werden. Die Störfeldstärke wird wie die Nutzfeldstärke in μV/m gemessen, und zwar im allgemeinen oberhalb 30 MHz.
19. Symmetrische Störspannungen
Die symmetrische Störspannung ist die Störspannung zwischen zwei Leitern. Sie ist gleich der geometrischen Summe der beiden unsymmetrischen Störteilspannungen.
20. Unsymmetrische Störspannungen
Die unsymmetrische Störspannung ist die zwischen einem Leiter und der Erde vorhandene Störspannung. Sie kann unter bestimmten Voraussetzungen als Funkstörspannung in mV oder μV gemessen werden.
21. Wirksame Dämpfung von Funk-Entstörmitteln
Die wirksame Dämpfung von Funk-Entstörmitteln, Widerständen, Kondensatoren, Drosselspulen und Siebmitteln wird gekennzeichnet durch das logarithmische Verhältnis der an einer beliebigen Funkstörquelle als Funkstörspannung gemessenen Störklemmenspannung vor der Funk-Entstörung zur Restspannung nach der Funk-Entstörung.

1. Betriebsempfindlichkeit von Rundfunkempfängern
   Als Betriebsempfindlichkeit eines Rundfunkempfängers wird jene mit 1 000 Hz 30%-modulierte kleinste Antennen-EMK definiert, die mindestens 26 dB Störabstand und zugleich 50 mW Ausgangsleistung ergibt.
2. Funkstörgrad
   Funkstörgrad ist der verbleibende Restwert einer Funkstörspannung. Er wird mit großen Buchstaben angegeben; hierbei bedeuten die Buchstaben GNK Höchstwerte von Funkstörspannungen (Grob-, Normal- und Kleinstörgrad) (s. Bild 1).
3. Funkstörgrad G (Grobstörgrad)
   Für den Funkstörgrad G gelten von 150 bis 30 000 kHz folgende maximale Funkstörspannungen: 5 000 μV bei 150 bis 500 kHz. Von dort linear fallend auf 1 000 μV bei 30 000 kHz. Ordinaten (μV) und Abszissen (kHz) sind logarithmisch geteilt. Der Funkstörgrad G wird angewendet bei elektrischen Maschinen, Geräten und Anlagen größer als 2 kW bis 10 kW. Der Grobstörgrad darf nur für Funkstörquellen in Anspruch genommen werden, die in größerer Entfernung von Wohnungen, z. B. in Industrieanlagen, betrieben werden. Auf den Versorgungsleistungen der benachbarten zu schützenden Gebiete dürfen jedoch die für den Funkstörgrad N geltenden maximalen Funkstörspannungen nicht überschritten werden.
4. Funkstörgrad K (Kleinstörgrad)
   Für den Funkstörgrad K gelten von 150 bis 30 000 kHz folgende maximale Funkstörspannungen: von 200 μV bei 150 kHz linear fallend auf 100 μV bei 500 kHz, von dort linear fallend auf 10 μV bei 30 000 kHz. Ordinaten (μV) und Abszissen (kHz) sind logarithmisch geteilt. Der Kleinstörgrad ist bei Geräten und Anlagen anzuwenden, bei denen die Funkstörquellen und die Funkempfangsanlage in geringerer Entfernung oder unmittelbar nebeneinander betrieben werden, z. B. in Funkkraftwagen, Stromversorgungseinrichtungen für Funkempfänger usw.

5. Funkstörgrad N (Normalstörgrad)

Für den Funkstörgrad N gelten von 150 bis 30 000 kHz folgende maximale Funkstörspannungen: von 3 000 μV bei 150 kHz linear fallend auf 100 μV bei 5 000 kHz, von dort linear fallend auf 200 μV bei 30 000 kHz. Ordinaten (μV) und Abszissen (kHz) sind logarithmisch geteilt. Der Normalstörgrad ist für Funkstörquellen anzuwenden, die in Wohngebäuden oder in unmittelbarer Nähe von solchen betrieben werden. Der Funkstörgrad N ist vorgeschrieben für elektrische Maschinen, Geräte und Anlagen bis zu 2 kW.

6. Störspannungsfestigkeit von Funkempfängern

Die Störspannungsfestigkeit eines Funkempfängers gegen das ihn speisende Starkstromnetz wird gekennzeichnet durch die Dämpfung zwischen den Eingangsklemmen des Netzes und den mit dem Antennenwiderstand belasteten Hochfrequenzkreisen des Funkempfängers

$$b_F = 20 \cdot \lg \frac{U_L}{U_{AS}}; \tag{12}$$

b_F in dB.

Hierbei ist U_L die Funkstörspannung an der Netzleitung und $U_{AS} = U_E$ die Störspannung am Empfängereingang.

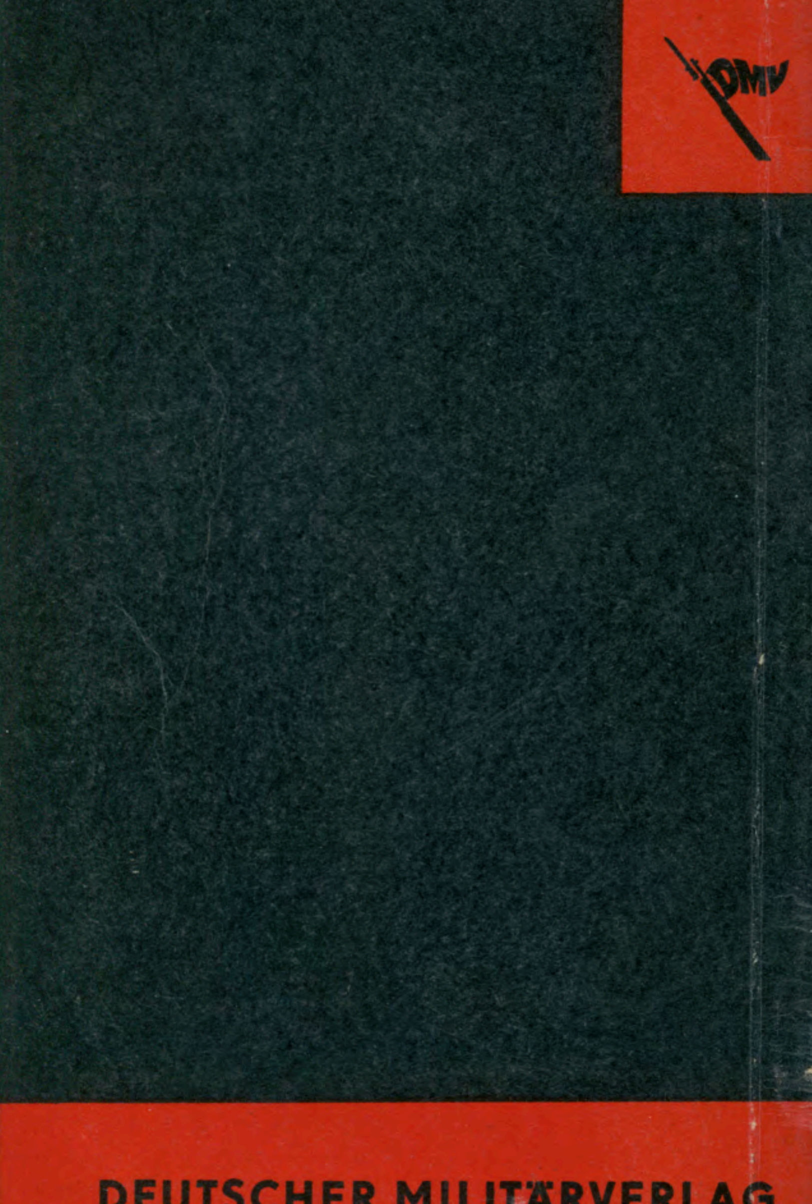
7. Zwischenfrequenzfestigkeit von Funkempfängern

Die Zwischenfrequenzfestigkeit eines Funkempfängers wird gekennzeichnet durch die Dämpfung zwischen dem hochfrequenten Empfängereingang und den Zwischenfrequenzkreisen für die Nennfrequenz seines Zwischenfrequenzbandes.

Literaturhinweise

Geiling	*Funkstörungen des Fernsehempfangs* innerbetriebliche Veröffentlichung im RFZ
Gebauer/Nowack	*Funkrecht* — Erläuterungen zu den Funkordnungen, Informationsheft des Instituts für Post und Fernmeldewesen
Begrich	*Die Verordnung über Hochfrequenzanlagen, Bestimmungen zur Verminderung der Störungen im Funkempfang* Schriftenreihe des VEB Verlag Technik, Berlin
Seelemann	*Funkentstörung* Otto Elsner Verlagsgesellschaft, Darmstadt-Berlin
...	*The Radio Amateur's Handbook* ARRL, West Hartford, Conn., USA
Knobloch	*Prüfen, Messen, Abgleichen; Fernsehempfänger-Service* Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik GmbH, Berlin
Ministerium für Post und Fernmeldewesen	*Vorschriften und Leitsätze der Funkstörmeßtechnik und Entstörbestimmungen für die Herstellung funkstörender Erzeugnisse*
DDR-Standard	TGL 20 885 — *Funk-Entstörungs-Begriffe*
Gesetzblatt der DDR	Teil I, Nr. 29 vom 13. 5. 1959
Gesetzblatt der DDR	Teil II, Nr. 58 vom 12. 6. 1965
funkamateur	Deutscher Militärverlag, Berlin
funktechnik	Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik Berlin-Borsigwalde
Funkschau	Franzis-Verlag, München
QST	ARRL, West Hartford, Conn., USA
Das DL-QTC	DARC, Kiel/Stuttgart
Wireless World	Elektrical Publication Ltd., London

1.—10. Tausend
Deutscher Militärverlag · Berlin 1966
Lizenz-Nr. 5
Lektor: Wolfgang Stammler
Typografie: Günter Hennersdorf
Zeichnungen: Wilhelm Kaufmann
Vorauskorrektor: Hans Braitinger · Korrektor: Rita Abraham
Hersteller: Werner Briege
Gesamtherstellung:
Druckerei Märkische Volksstimme, Potsdam
A 822
1,90



DEUTSCHER MILITÄRVERLAG